

**MODUL DAN RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER
LUMUT (*Bryophyta*)**



**DISUSUN OLEH :
ANGGIE CICILIA
NPM : 1411060012**

**PEMBIMBING :
AULIA ULMILLAH, M.Sc**

**PEDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

LUMUT (*Bryophyta*)

**Oleh :
Anggie Cicilia**

Modul ini disusun dengan tujuan untuk mengembangkan wawasan pembaca khususnya mahasiswa terkait dengan tumbuhan lumut (*Bryophyta*) sebagai salah satu jenis plasma nutfah di Indonesia yang sangat berlimpah. Khusus untuk lumut tersebut maka akan dibahas tiga kelas yaitu lumut hati (*Marchantia*), lumut tanduk (*Anthocerotales*) dan lumut daun (*Musci*).

Spesifikasi dan keunikan dari lumut merupakan hal unik yang dapat dipelajari dan menjadi tema penelitian di bidang Biologi. Banyak sekali manfaat yang dapat diambil dari mempelajari buku tentang lumut ini, terutama bagaimana jenis tumbuhan ini merupakan salah satu tumbuhan dengan manfaat praktis bagi keseimbangan lingkungan sekaligus bagi manusia untuk banyak bidang. Buku ini terbagi menjadi lima bab yang terdiri dari Kegiatan Pembelajaran I tentang pendahuluan, II tentang identifikasi, klasifikasi dan perkembangan *Bryophyta*, III tentang Peran Keberadaan *Bryophyta*. Modul ini juga memuat banyak gambar untuk lebih memudahkan pembaca membandingkan serta mempelajari jenis lumut yang ditemukan.



**KEMENTERIAN AGAMA
UIN RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarame 1 Bandar Lampung 35131 Telp.(0721)703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi/Modul : Bryophyta
Nama Mahasiswa : Angie Cicilia
NPM : 1411060012
Jurusan : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

**Untuk Dimunaqasyahkan dan Dipertahankan dalam sidang Munaqasyah
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi**

Pembimbing

Aulia Ulmillah, M.Sc

NIP.-

Dr. Eko Kuswanto, M.Si

NIP. 19750514 2008 01 1 009



**KEMENTERIAN AGAMA
UIN RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarame 1 Bandar Lampung 35131 Telp.(0721)703260

PENGESAHAN

Proposal dengan judul **Bryophyta** disusun oleh : **Anggie Cicilia, NPM**

1411060012, Jurusan Pendidikan Biologi telah diujikan dalam sidang

Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada hari/tanggal: **10 Juni**

2021

TIM MUNAQOSYAH

Ketua : Dr. Eko Kuswanto, M.Si

Sekretaris : Indarto, M.Sc

Pembahas Utama : Fredi Ganda Putra, M.Pd

Pembahas II : Aulia Ulmillah, M.Sc

Mengetahui

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



Prof. Dr. Hj. Nirya Diana, M.Pd.

NIR 19608328 198803 2 002

MOTTO

وَلَقَدْ آتَيْنَا لُقْمَانَ الْحِكْمَةَ أَنْ اشْكُرْ لِلَّهِ وَمَنْ يَشْكُرْ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ اللَّهَ غَنِيٌّ حَمِيدٌ

Artinya : *Dan sungguh, telah Kami berikan hikmah kepada Lukman, yaitu, "Bersyukurlah kepada Allah! Dan barangsiapa bersyukur (kepada Allah), maka sesungguhnya dia bersyukur untuk dirinya sendiri; dan barangsiapa tidak bersyukur (kufur), maka sesungguhnya Allah Mahakaya, Maha Terpuji."*



PERSEMBAHAN

Modul ini penulis persembahkan kepada :

1. Ayahanda Paisol dan Ibunda Valda Wulandari tercinta, ucapan terimakasih dan do'a yang tak henti-hentinya ku persembahkan untuk Ayahanda dan Ibunda, atas jasa dan pengorbanan yang telah dilakukan untukku, baik mendidiku, membesarkanku, membimbingku dan memberikan fasilitas baik materi maupun kasih sayang yang luar biasa sehingga mampu menyelesaikan pendidikanku di UIN Raden Intan Lampung
2. Adikku Chika Amelia yang telah mendo'akan dan memberi motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Astra-Ksetra, PT Sweet Indolampung, pada tanggal 08 Maret 1996, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Paisol dan Ibu Valda Wulandari.

Pendidikan formal penulis dimulai sejak Sekolah Dasar di SD 02 Yapindo, PT Sweet Indolampung, Kecamatan Gedung Meneng, Kabupaten Tulang Bawang yang diselesaikan pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Yapindo, PT Sweet Indolampung, Kecamatan Gedung Meneng, Kabupaten Tulang Bawang yang diselesaikan pada tahun 2011, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 14 Bandar Lampung, yang diselesaikan pada tahun 2014, kemudian penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2014 di salah satu perguruan tinggi yang ada di Lampung yaitu IAIN Raden Intan Lampung yang kini telah bertransformasi menjadi UIN Raden Intan Lampung. Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata pada tahun 2017 di Desa Sukoharjo III, Kecamatan Sukoharjo, Pringsewu. Kemudian penulis melakukan PPL di MIN 02 Bandar Lampung.



Bandar Lampung, 2021
Penulis,

Anggie Cicilia
1411060012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas berkat rahmat, hidayah serta inayah yang Allah berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Modul Pembelajaran ini dengan judul “*Bryophyta*”. Sholawat serta salam semoga Allah senantiasa memberikan Rahmat-Nya kepada baginda Nabi Muhammad SAW dan para umatnya. Rasa hormat dan terimakasih yang setulus-tulusnya penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung beserta stafnya yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti pendidikan sampai terselesaikannya skripsi ini.
2. Dr. Eko Kuswanto, M.Si, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Biologi.
3. Fredi Ganda Putra, M.Pd, selaku sekretaris jurusan Pendidikan Biologi.
4. Ibu Aulia Ulmillah, M.Sc selaku Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyelesaian modul ini.
5. Bapak dan ibu dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan ilmu selama di bangku perkuliahan.
6. Pihak perpustakaan pusat dan perpustakaan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan yang telah memfasilitasi sumber-sumber hingga terselesaikannya modul ini.
7. Sahabat-sahabatku kelas Biologi A serta teman seperjuangan Biologi angkatan 2014 yang selalu membantu dan menginspirasi demi terselesaikannya modul ini.

Sekiranya demikian yang bisa disampaikan, atas perhatian saran dan masukan penulis menyampaikan rasa terimakasih. Dan semoga keberadaan buku ini dapat menjadi manfaat bagi pembaca baik dari kalangan mahasiswa maupun pembaca pada umumnya, khususnya bagi penulis sendiri. Terimakasih atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis, semoga Allah memberikan barokah seluas-luasnya. *Aamiin yaa Robbal'aalamin*

Bandar Lampung, 07 Juni 2021

Penulis,

Anggie Cicilia

1411060012

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 PENDAHULUAN.....	1
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 KLASIFIKASI DAN PERKEMBANGAN LUMUT	5
1. Klasifikasi Lumut (<i>Bryophyta</i>).	5
2. Bagian Tubuh <i>Bryophyta</i> (Lumut).....	32
3. Siklus Hidup <i>Bryophyta</i>	39
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 PERAN KEBERADAAN LUMUT (<i>Bryophyta</i>)	47
1. Lumut sebagai pendukung kehidupan organisme lain.....	47
2. <i>Bryophyta</i> dengan kolonisasi, stabilisasi, dan komersialisasi.....	52
3. Lumut sebagai bahan obat, antibiotic, antimikroba.....	55
4. Kandungan zat antibakteria di dalam lumut dan cara kerjanya.....	61
5. Lumut sebagai Tumbuhan Pione.....	67
6. Lumut sebagai penyeimbang ekosistem.	69
7. Lumut sebagai bioindikator alami.	73

GLOSARIUM

DAFTAR PUSTAKA

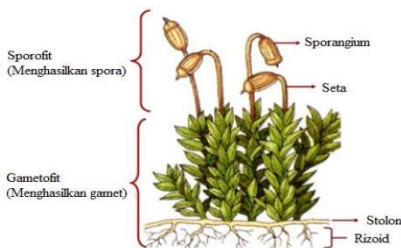
BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia dikenal dengan Negara yang memiliki keanekaragaman hayati berlimpah, dan salah satu diantaranya yang sangat melimpah adalah jenis tumbuhan rendah, yaitu lumut (*Bryophyta*). Kelompok khas tanaman darat hijau ini adalah salah satu tanaman berhabitat di tempat lembab, hidup secara berkelompok, dan sangat mudah dijumpai disekitar lingkungan. Keanekaragaman lumut sebagai salah satu keragaman hayati perlu diketahui untuk dipelajari ciri khususnya di daerah tropis. Beraneka ragam jenis lumut, menjadikan tumbuhan tersebut dikelompokkan agar mudah untuk dikenal.

Lumut (*Bryophyta*) merupakan salah satu divisi pada tumbuhan tingkat rendah. *Bryophyta* berasal dari kata *Bryon* artinya lumut dan *phyton* berarti lembab atau basah, yang bila digabungkan menjadi satu kata berarti tumbuhan yang hidup ditempat-tempat lembab atau basah. Lumut dengan nama latin *Bryophyta* memiliki sekitar 16.000 spesies yang dikelompokkan menjadi tiga kelas yakni lumut hati (*Hepaticae*), lumut daun (*Musci*), dan lumut tanduk (*Anthocerotae*). *Hepaticae* memiliki dua bangsa yaitu bangsa *Marchantiales* dan bangsa *Jungermaniales*. Kelas *Musci*, memuat tiga bangsa yakni bangsa *Andreaeales*, *Sphagnales*, *Bryales*. Sedangkan kelas *Anthocerotae* terdapat satu bangsa yakni *Anthocerothales*.



Gambar 1.1

Struktur Tubuh Lumut

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Secara umum *Bryophyta* memiliki bentuk tubuh tumbuhan yang berstruktur rendah, dengan tinggi hanya beberapa millimeter dan tegak di permukaan tanah. Bentuk tubuh lumut merupakan peralihan dari thalus ke bentuk kormus. Meskipun berbentuk kecil, berwarna dominan hijau, dan cenderung jarang terlihat serta diperhatikan namun tumbuhan lumut ini memiliki kompleksitas bentuk organ yang unik, untuk memaksimalkan fungsi sehingga menunjang kebutuhan hidupnya. Semua jenis *Bryophyta* seperti halnya struktur tumbuhan rendah lainnya maka mereka tidak memiliki akar, batang maupun daun dengan bentuk sempurna. Demikian juga tumbuhan lumut tidak menghasilkan bunga dan biji, juga tidak memiliki struktur jaringan pengangkut xylem dan floem seperti yang biasa ditemui pada tumbuhan tingkat tinggi. Mereka ‘hanya’ memiliki struktur yang mirip dengan akar untuk melangsungkan absorpsi serta transportasi air dan nutrisi bagi kebutuhan hidupnya. Habitat *Bryophyta* sangat beragam, mereka dapat hidup di permukaan tanah, bebatuan maupun menempel di pohon-pohon. Karena kemampuan hidup yang istimewa tersebut, maka seringkali lumut disebut tumbuhan pionier, karena setelah *Bryophyta* mengawali kehidupan pada permukaan yang tandus, segera akan diikuti oleh semakin beragamnya jenis tumbuhan lain yang hidup di kawasan tersebut. Dengan demikian maka tampak bahwa tumbuhan lumut memiliki peran yang sangat penting dalam suatu ekosistem.

Bryophyta termasuk salah satu penyongkong keanekaragaman flora. Tumbuhan lumut tersebar luas dan merupakan kelompok tumbuhan yang menarik. Mereka hidup diatas tanah, batuan, kayu, dan kadang kadang di dalam air. Tumbuhan Lumut (*Bryophyta*) merupakan tumbuhan yang relatif kecil, tubuhnya hanya beberapa milimeter saja. Hampir semua jenis tumbuhan lumut merupakan tumbuhan darat (terrestrial), walaupun kebanyakan dari tumbuhan ini masih menyukai tempat-tempat yang basah. Tumbuhan lumut berwarna hijau karena mempunyai sel-sel dengan plastida yang menghasilkan klorofil a dan b. Lumut bersifat autotrof

maksudnya lumut dapat membuat makanan sendiri melalui proses fotosintesis.

Sebagai tanaman yang termasuk dalam klasifikasi tumbuhan rendah, *Bryophyta* memiliki keistimewaan untuk menyeimbangkan kandungan nutrisi dalam tanah melalui mekanisme mineralisasi bebatuan, penguraian serta fiksasi karbon. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa *Bryophyta* memiliki fungsi penting dalam ekosistem dan juga fungsi ekonomis. Hal tersebut disebabkan tumbuhan ini bermanfaat bagi tumbuhan lain sebagai media, penghasil obat, pengendali polusi dan bahkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan. Perkembangan penelitian terkait tumbuhan rendah yang salah satunya adalah *Bryophyta* mengalami peningkatan yang cukup pesat beberapa tahun belakangan ini. Meningkatnya kesadaran untuk mencermati, mengkoleksi dan memahami potensi keanekaragaman hayati lokal menjadi salah satu pertimbangan semakin banyaknya penelitian dengan tema tersebut. Meningkatnya kesadaran para peneliti untuk mengembangkan bidang penelitian tumbuhan rendah ini juga dipicu kesadaran akan pentingnya jenis-jenis tumbuhan tersebut untuk keseimbangan ekosistem sekaligus konservasi.



BAB II

KLASIFIKASI DAN PERKEMBANGAN LUMUT (*Bryophyta*)

1. Klasifikasi Lumut

Lumut (*Bryophyta*) memiliki hubungan kekerabatan yang cukup dekat dengan ganggang hijau dan diprediksikan keduanya memiliki hubungan filogeni yang dekat. *Bryophyta* merupakan bagian dasar dari pohon filogenik untuk tumbuhan yang ada di wilayah daratan, dengan struktur tubuh dengan fase gametofit dan sporofit yang berumur pendek. *Bryophyta* memiliki tahapan seksual (gametofit) pada siklus hidupnya dan tahapan sporofit dengan organ penghasil spora (sporangium) yang biasanya akan menjadi parasit pada bagian gametofitnya. Spora yang ada di dalam sporangium akan dikeluarkan ke udara setelah matang.

Identifikasi *Bryophyta* dilakukan dengan menggunakan karakteristik gametofit dan sporofit. Menggunakan bahan sporofitik lumut yang hidup sangat membantu identifikasi, meskipun mungkin untuk mengidentifikasi *Bryophyta* dapat juga dengan mengamati spesimen kering yang tidak hidup. Pengamatan secara mikroskopis seperti bentuk, detail sel, posisi dan pola bercabang dari rhizoid, juga penting untuk Tujuan klasifikasi. Namun memang dibutuhkan pengalaman untuk melakukan identifikasi *Bryophyta* hingga ke tingkat genus dan spesies setelah proses pengamatan secara detail. Pada dasarnya pengamatan terhadap struktur *Bryophyta* yang lebih besar dan lebih khas, akan menjadikan proses identifikasi sering lebih cepat dibandingkan dengan bentuk lumut yang lebih kecil.

Tumbuhan lumut termasuk dalam jenis tumbuhan yang tidak berpembuluh (non vaskuler) dan tidak menghasilkan biji. Untuk melakukan transportasi air dan mineral yang dibutuhkan maka *Bryophyta* memiliki jaringan sederhana yang khusus untuk transportasi internal air, nutrisi dan makanan yang dibutuhkannya. Karena mereka tidak memiliki jaringan pembuluh, maka *Bryophyta* juga tidak memiliki akar, batang, dan

daun sejati dengan bentuk tubuh yang relative kecil meskipun pada beberapa spesies lumut yang hidup di perairan dapat mencapai ukuran yang besar, seperti spesies *Fontinalis*.



Gambar 2.1 Lumut *fontinalis antipyretica* yang hidup di perairan air tawar, dengan melekat pada substrat atau mengambang di air yang tenang.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Contoh pada gambar 2.1 adalah tumbuhan lumut spesies *Fontinalis antipyretica* yang bercabang, melintang dan bisa memiliki bentuk tubuh sepanjang 60 cm. Memiliki struktur daun cukup kaku tersusun dalam tiga baris yang tumpang tindih, dengan bentuk tombak atau bulat telur. Tidak berbunga tetapi menghasilkan spora kecil kadang-kadang diproduksi dalam sporangia. Biasanya lumut besar ini tumbuh melekat pada batuan yang terendam dalam air, atau melekat pada substrat di danau dan juga sebagai massa yang mengambang di air yang tenang.

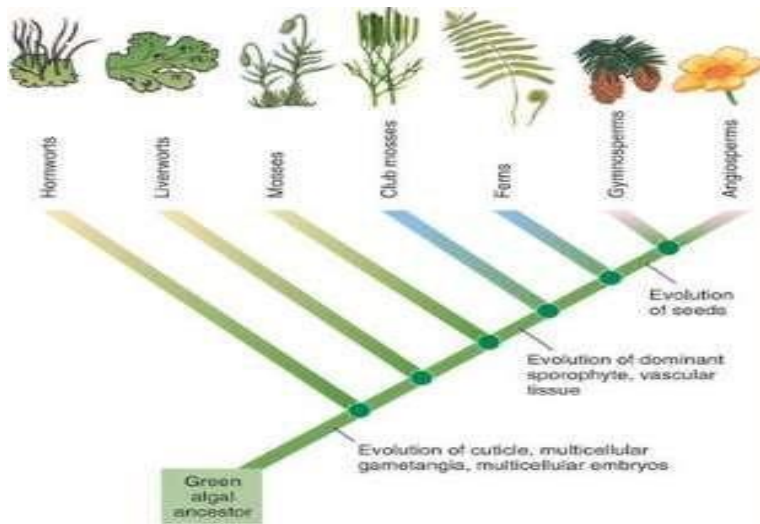
Gametofit pada *Bryophyta* merupakan tanaman fotosintetik yang biasanya melekat pada substratnya dengan perantara rhizoid, yaitu struktur halus memanjang berupa gabungan sederet sel yang sejenis dengan fungsi menyerupai akar. Pada lumut hati,

gametofit umumnya berdaun, sedangkan sebagian besar lumut tanduk. memiliki bentuk dengan adanya talus. Gametofit pada *Bryophyta* biasanya berukuran kecil, bervariasi dari kurang dari 1 milimeter hingga mencapai 20 cm, dan bahkan untuk beberapa jenis lumut akuatik (*Fontinalis*) memiliki gametofit yang dapat mencapai panjang hampir satu meter.

Namun, dalam banyak genera, status dasar pengetahuan saat ini sangat tidak mencukupi untuk proses identifikasi sehingga dibutuhkan pemeriksaan secara mikroskopis untuk mendukungnya. Seringkali spesimen harus diklasifikasikan oleh "ahli" yang memiliki pengalaman yang cukup dengan identifikasi spesies, serta klarifikasi dengan ahli lainnya juga, sehingga tidak membingungkan. Meskipun teknologi baru memberikan informasi tambahan, fitur yang mudah diamati sangat membantu untuk membedakan suatu spesies dengan cepat. Literatur yang relevan mengenai klasifikasi bryofita, baik lama maupun baru menjadi sangat berharga untuk membantu proses identifikasi.

Jumlah spesies *Bryophyta* yang sulit untuk diperkirakan dan studi yang cermat sangat terbatas pada sebagian kecil tumbuhan tersebut menjadikan peluang identifikasi masih sangat dibutuhkan. Validitas banyak spesies ini juga masih dipertanyakan. Perkiraan jumlah spesies *bryophyte* yang masuk akal menunjukkan adanya 14.000 hingga 15.000 spesies, yang sekitar 8.000 adalah lumut daun, 6.000 lumut hati, dan 200 adalah lumut tanduk. Klasifikasi dan studi lebih lanjut akan menghasilkan spesies tambahan yang belum dideskripsikan, sementara studi yang cermat dari tumbuhan lumut tersebut juga akan mengungkapkan banyak hal.

Lumut yang tidak memiliki jaringan pembuluh	Tanaman berpembuluh tidak berbiji	Tanaman berpembuluh yang menghasilkan biji
---	-----------------------------------	--



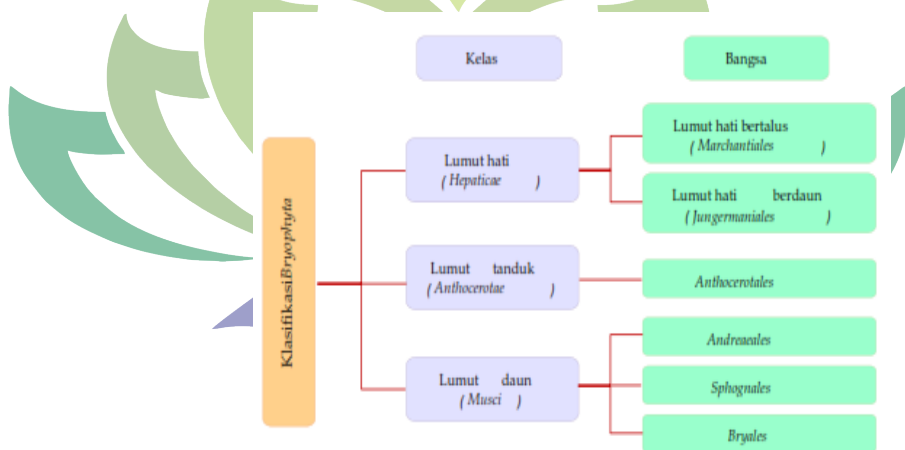
Gambar 2.2 Perkembangan serta hubungan antara tumbuhan tidak berpembuluh (nonvascular), tumbuhan berpembuluh (vascular) tapi tidak menghasilkan biji dan tumbuhan berpembuluh vascular yang menghasilkan biji.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Gambar 2.2 tersebut menjelaskan perkembangan dari tumbuhan tingkat rendah yang tidak berpembuluh hingga tumbuhan tingkat tinggi (*angiospermae*) yang memiliki pembuluh angkut serta menghasilkan biji. Tingkatan tersebut menunjukkan perkembangan evolusi dan perpindahan filogeni yang sekaligus mencerminkan perbedaan antar taksa dari jenis tumbuhan yang ada. Perbedaan di antara kelas utama *Bryophyta* sangat jelas, dimana lumut tanduk memiliki gametofit talus (atau pada dasarnya talus) dimana organ seksual sepenuhnya tertanam di talus tersebut. Sporofit selalu berbentuk tanduk dan terutama terdiri dari sporangium yang jatuh tempo dari apeks ke bawah ke kakinya di talus. Pada kebanyakan lumut tanduk, spora ditumpahkan dari puncak dewasa sementara pertumbuhan diatas kaki terus menghasilkan spora

baru selama periode pertumbuhan menguntungkan.¹

Bryophyta atau tumbuhan lumut merupakan tanaman hijau yang termasuk dalam klasifikasi tanaman rendah dan memiliki tiga divisi penting, yaitu (*Bryopsida* atau *Musci*), liverworts (*Hepaticopsida* atau *Hepaticae*), dan hornworts (*Anthocerotopsida* atau *Anthocerotae*). Ketiga divisi *Bryophyta* tersebut memiliki ciri yang sangat menyolok sehingga dengan mudah dapat dibedakan dengan tumbuhan vaskuler atau tumbuhan berpembuluh pada umumnya. Sebagian besar tumbuhan lumut tidak memiliki jaringan vaskuler, sehingga terkadang dikategorikan dalam klasifikasi tumbuhan ‘nonvaskuler’. Akan tetapi tampaknya klasifikasi tersebut belum sepenuhnya benar, karena pada tumbuhan lumut masih ditemui pembuluh pengangkut air yang terdapat pada beberapa spesies tumbuhan ini. Secara umum maka klasifikasi dari *Bryophyta* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3. Klasifikasi *Bryophyta*, yang memiliki tiga kelas utama yaitu lumut hati (*Hepaticae*), lumut tanduk (*Anthocerotaceae*) dan lumut daun (*Musci*)

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

¹Smith, A. J. E. (2001). *Mosses, liverworts and hornworts*.

a. Lumut tanduk (*Anthocerotales*)

Bryophyta memiliki klasifikasi yang jelas berdasarkan bentuk tubuhnya. Lumut tanduk (*Anthocerotales*) selalu memiliki struktur yang dicirikan dengan adanya sporofit yang berbentuk tanduk, dengan organ seksual yang tertanam dalam bentuk tubuh yang disebut talus. Dalam perkembangbiakannya lumut tanduk mengeluarkan spora terus menerus dari sporangiumnya untuk kemudian berkembang menjadi lumut tanduk yang baru. Pada lumut tanduk, struktur talus, terutama anatomi internal dan isi sel merupakan hal penting yang dapat diamati untuk klasifikasi. Begitu juga sporofit (yang mengandung dinding sporangial, spora dan ornamentasinya, dan sel steril bercampur dengan spora) dan struktur silinder steril (jika ada) di sporangium. Bagian-bagian tersebut merupakan bentuk spesifik yang ada pada lumut tanduk sehingga memudahkan untuk klasifikasi.



Gambar 2. 4. Lumut tanduk dengan talus dan sporofit sebagai tempat penghasil spora. Bagian bawah lumut merupakan talus dengan alat perkembangbiakan jantan maupun betina

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

b. Lumut hati (*Hepaticae*)

Dalam lumut hati, identifikasi dapat dibantu melalui penentuan bentuk gametofit, anatomi internal dan isi sel pada talus, dan posisi organ seksual dan struktur pelindungnya. Fitur sporofit, seperti anatomi internal seta, ornamen jaket sporangial,

ornamen spora, dan struktur elater, juga penting untuk identifikasi. Dalam genus berdaun, ini fitur internal dan eksternal yang sama, di samping pengaturan daun dan bentuk serta detail sel, dan posisi juga pola bercabang dari rhizoid, juga penting untuk tujuan klasifikasi.

Lumut hati (*Hepaticae*) dengan perbedaan bangsa yaitu lumut hati bertalus (*Marchantiales*) dan lumut hati berdaun (*Jungermaniales*) didominasi dengan bentuk tumbuhan dominan talus yang menempel pada permukaan tanah. Memang dibutuhkan pengamatan yang teliti untuk membedakan dua bangsa pada lumut hati tersebut. Hal ini karena daun yang menempel pada *Jungermaniales* hanya sedikit (satu atau dua lembar saja) sehingga akan sangat sulit untuk membedakan apabila daun tersebut belum nampak dalam struktur tubuh lumut hati. Daun yang ada pada lumut hati bukanlah tipe daun sejati seperti umumnya kita temui pada tumbuhan tingkat tinggi. Struktur daun tersebut tidak memiliki pelepah dan biasanya hanya terdiri dari susunan sel berjajar yang sederhana dan menebal.

Lumut hati memiliki alat penghasil spora (sporangium) dengan kaki pendukung yang disebut seta dan di lindungi oleh struktur yang disebut *elater*. Setelah sporangium matang, seta menegak karena tekanan air dalam sel-selnya dan akan mendorong spora untuk keluar dari sporangium. Spora matang akan keluar ketika sporangium pecah dan *elater* juga membuka karena dipicu oleh udara yang kering.



Gambar 2.5. Lumut hati dengan talus yang menempel di tanah. Belum nampak alat perkembang biakan pada lumut hati tersebut. Biasanya organ seksual lumut hati biasanya terletak di bagian permukaan, dengan dilindungi oleh struktur uniseluler yang menyerupai *rhizoid*.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Lumut hati juga mungkin memiliki gametofit, tetapi sebagian besar berdaun dengan daun dalam dua atau tiga baris. Organ seksual bersifat diskrit dan umumnya berada dipermukaan, serta dilindungi oleh struktur yang menyelimuti dengan rhizoid uniseluler. Daun sering berlubang dan tidak memiliki pelepah, dan seluruh daun terdiri dari satu sel yang menebal. Dalam kebanyakan kasus, sporangium matang ketika dilindungi oleh struktur yang menyelimuti setelah matang, seta yang tidak berwarna akan mendorongnya di atas selubung pelindung. Seta berstruktur tegak karena tekanan air di dalam sel-selnya. Seta biasanya memiliki kutikula dan, oleh karena itu, tidak dapat menyerap air secara langsung. Spora ditumpahkan ketika sporangium pecah yang berfungsi untuk mendorong spora dan mencampur dengan sel-sel pelindung (elaters) untuk mengeringkan udara. Elaters membuka dengan cepatsaat kering dan lemparkan spora ke udara, dan kemudian seta akan gugur atau luruh.

c. Lumut daun (*Musci*)

Di lumut daun, fitur gametofitik dari struktur daun (terutama rincian sel dan bentuk daun), detail dari margin daun, ornamen sel, penampang melintang dari pelepah, dan posisi organ seksual yang terhubung dengan puncak batang sangat membantu klasifikasi. Fitur sporofit juga penting untuk identifikasi terutama terkait dengan sporangium, khususnya orientasi, bentuk, struktur pelindung sporangial (khususnya stomata dan bentuk sel dari sel terluar). *Musci* (lumut daun) bagian tumbuhan tidak berpembuluh dan tumbuhan berspora yang termasuk kelaster besar dalam divisi tumbuhan lumut atau *Bryophyta* lebih dikenal dengan lumut sejati, hal ini dikarenakan bentuk tubuhnya yang kecil, memiliki bagian menyerupai akar (*rizhoid*), batang (semu), dandaun. Lumut yang dapat tumbuh tegak ini merupakan kelompok lumut terbanyak dibanding dengan lumut lainnya, yaitu sekitar ± 12.000 jenis spesies dan tersebar hampir di setiap penjuru dunia.

Musci (lumut daun) dapat tumbuh di atas tanah tandus yang secara bertahap mengalami kegersangan, pada tanah bertekstur pasir yang bergerak sekalipun dapat tumbuh, dapat dijumpai juga diantara rerumputan di atas batu-batuan cadas, pada batang-batang dan cabang-cabang pohon, di rawa-rawa, tetapi jarang di dalam laut.²

Lumut daun yang menghampar luas dapat menyerap dan menahan air lebih lama dalam jumlah cukup. Hal ini terjadi karena dalam hamparan lumut daun terdiri dari satu tumbuhan lumut daun yang tumbuh berkelompok secara erat dan padat untuk saling menguatkan, menyokong. Lumut ini tidak melekat pada substratnya, tetapi mempunyai rhizoid yang melekat pada tempat tubuhnya.

Ciri-ciri kelas *Musci*, secara morfologi sebagai berikut:

²Desy Aristria Sulistyowati, L.K.P. dan E.W. (2014). Keanekaragaman *Marchantiophyta* Epifit Zona Montana di Kawasan Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Desy Aristria Sulistyowati, Lilih Khotim Perwati dan Erry Wiryani Abstrak, 16(1).

- 1) Memiliki bagian menyerupai akar (*rizhoid*), batang, dan daun sehingga disebut lumut sejati. Daun tersusun spiral dengan melingkari batang.
- 2) Tubuh umumnya tegak, berupa thallus, berdaun serupa sisik yang rapat, padat, dan memipih atau menumpuk.
- 3) Hidup ditempat yang lembab atau basah, menempel pada tembok, batu, dan yang terlindung dari matahari.
- 4) Pada tempat-tempat yang ke-ring lumut membentuk talus yang berupa bantal atau gebalan, dan diatas tanah hutan seringkali merupakan suatu lapisan menyerupai beludru.
- 5) Berwarna hijau, mempunyai daun yang sederhana, mengandung kloroplas.
- 6) Batang dari lumut daun adalah semu yang tegak dengan lembaran daun yang tersusun spiral, reproduksi vegetatif dengan membentuk kuncup pada cabang batang.
- 7) Gametofit tumbuh tegak.
- 8) Perkembangan berasal dari protonema yang terdiri atas benang-benang berwarna hijau, bersifat fototrop, bercabang banyak, pada tiap-tiap protonema hanya akan membentuk gametafora yang terdiri dari batang-batang yang bercabang.
- 9) Sporofit tumbuh pada gametofitnya atau pada tumbuhan lumut itu sendiri, serta bersifat sebagai parasit terhadap gametofit.
- 10) Sporangium mempunyai kaki yang lebar, seta hanya berupa lekukan antara kaki dari kapsul, bagian bawah kapsul memiliki stomata untuk proses fotosintesis.
- 11) Kapsul memiliki kolumela yang pecah olek gigi-gigi peristom.
- 12) Tangkai (seta) secara perlahan bertambah panjang seiring perkembangan kapsul.
- 13) Alat perkembangbiakan terdiri dari *Anteridium* (jantan) dan

Arkegonium (betina).

Musci memiliki tiga bangsa yakni *Andreaeales*, *Sphagnales*, *Bryales*. Bangsa *Andreaeales* memiliki satu suku yakni *Andreaeaceae* dengan marga *Andreaea*. Bangsa *Sphagnales* atau yang biasa dikenal dengan sebutan lumut gambut merupakan bangsa yang memiliki satu suku yakni *Sphagnaceae* dengan marga *Sphagnum*. Sedangkan bangsa *Bryales* merupakan bangsa lumut yang sebagian besar lumut daun yang dijumpai tergolong dalam bangsanya.


1) *Andreaeaceae*

Bangsa dari kelas *Musci* yang hanya memuat satu suku (*Famili*) yakni suku *Andreaeaceae*, dengan satu marga (*Genus*) *Andreaea*. Bangsa *Andreaeales* memiliki ciri- ciri sebagai berikut:


- a. Tubuh gametofitnya sudah dapat dibedakan antara batang dan daun meskipun belum mempunyai akar selain rhizoid.
- b. Bagian seta umumnya panjang, sedang bagian kapsulnya tersusun atas kotak spora dimana di dalamnya terdapat kolumela yang diselubungi oleh jaringan sporogen.
- c. Talusnya sudah memiliki daun kecil yang disebut mikrofil serta mempunyai alat perekat yang berupa rhizoid.
- d. Daun-daunnya berwarna hijau mengandung klorofil-a dan klorofil-b untuk proses fotosintesis, tersusun spiral rapat dan menutupi batang.
- e. Protonema berbentuk seperti batang atau pita yang bercabang.
- f. Gametangium terdapat pada ujung cabang terdiri anteridium dan arkegonium terdapat cabang yang berbeda.
- g. Sporofitnya terdiri dari kaki, seta dan kapsul.


- h. Berwarna hijau kehitaman dengan rhizoid menancap disubstrat. Memiliki daun lebat dengan 3 daun setiap kelompok serta dapat bersifat *monoceous* (berumah satu) atau *dioceous* (berumah dua).
- i. Habitat menyukai tanah-tanah yang lembab, diatas batu-batu cadas, batang- batang pohon.
- j. Dengan pembentukan gamet jantan (*Anteredium*) dan gamet betina (*Arkegonium*) terjadi metagenesis.
- k. Spora bersifat fototrop, banyak bercabang-cabang, dan terlihat seperti hifa cendawan yang berwarna hijau.
- l. Kapsul spora mula-mula diselubungi oleh kaliptra. Jika sudah masak kemudian pecah dengan 4 katup. Kolumela diselubungi oleh jaringan sporogen.


Beberapa jenis dari Bangsa *Andreaeales* yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan K(ingdom), D(ivisi), K(elas), B(angsa), S(uku), M(arga) dan Sp(esies), sebagaimana berikut:

No	Gambar	Klasifikasi
	 <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p><i>Andreaea petrophila</i></p> <p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Andreaeales</i> S : <i>Andreaeaceae</i> M : <i>Andreaea</i> Sp : <i>Andreaea pterophila</i></p>


		<p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berwarna hitam kecoklatan, tempat hidupnya pada tempat lembab dan basah. • akar, daun, dan batang masih sulit dibedakan. • Dapat ditemukan diatas pasir bergerak, diatas pipa air, diatas tanah gundul yang mengalami kekeringan. • Tidak memiliki kosta, • Hidup merayap di tempat-tempat basah dan lembab. • Spora bersifat fototrop positif, banyak bercabangcabang, dan terlihat seperti hifa cendawan yang berwarna hijau.
		<p><i>Andrea rupestris</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Andreaeales</i></p> <p>S : <i>Andreaeaceae</i></p> <p>M : <i>Andreaea</i></p>


	<p>Sp : <i>Andreaea rupestris</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanaman kemerahan hitam, hitam atau coklat kehijauan. • Daun melengkung lebar menyebar, pedek-lamset • ujung daun miring atau simetris. • terdapat garis seluruh daun, sel basal • laminal pendek, • Sel marjinal panjang-persegi panjang bulatkuadrat pendek-persegi panjang. • lumen bulat, empat persegi panjang atau tidak teratur. • Spora 20-32 (-50) m.
 <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p><i>Andreaea rothii</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Andreaeales</i></p> <p>S : <i>Andreaeaceae</i></p> <p>M : <i>Andreaea</i></p> <p>Sp : <i>Andreaea rothii</i></p> <p>Ciri-ciri</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Panjang daun mencapai 1-2 mm. • Daun tidak terlalu melengkung kebawah, berbentuk lonjong dengan ujung daun runcing. • Ditemuka pada tempat terbuka dan basah, paling sering di tinggi seperti pengumuman, tetapi, juga terdapat di dekat permukaan laut.
	 <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p><i>Andreaea heinemannii</i></p> <p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Andreaeales</i> S : <i>Andreaeaceae</i> M : <i>Andreaea</i> Sp : <i>Andreaea heinemannii</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daun dengan bilahan runcing memanjang. • Lebar daun mencapai 0,3-0,4 mm. • Tumbuh di batuan daerah gunung dan dataran tinggi. • Kapsul mencolok terdapat pada daun hitam.
		<i>Andreaea acuminata</i>

	<p> <i>K : Plantae</i> <i>D : Bryophyta</i> <i>K : Musci</i> <i>B : Andreaeales</i> <i>S : Andreaeaceae</i> <i>M : Andreaea</i> <i>Sp : Andreaea acuminata</i> </p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tinggi batang \pm 10-20 mm. • Lebar daun \pm 0,25-0,40 mm. • Terdapat kosta <p>Dapat dijumpai dibebatuan dataran tinggi (9751561m).</p>
	<p><i>Andreaea acutifolia</i></p> <p> <i>K : Plantae</i> <i>D : Bryophyta</i> <i>K : Musci</i> <i>B : Andreaeales</i> <i>S : Andreaeaceae</i> <i>M : Andreaea</i> <i>Sp : Andreaea acutifolia</i> </p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tinggi batang mencapai 10-15 mm. • Lebar daun \pm 0,2-0,4 mm. • Kapsul dasar lebih pendek daripada katup.

		<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat kosta. • Spora besar. • Dapat ditemukan dihutan dan bebatuan basah (granit, batulanau, batu pasir) di ketinggian 700-1250m.
		<p><i>Andreaea alpine</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Andreaeales</i></p> <p>S : <i>Andreaeaceae</i></p> <p>M : <i>Andreaea</i></p> <p>Sp : <i>Andreaea alpine</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spesies langka yang hanya terdapat di Australia dan Tasmania. • Tinggi batang mencapai 1-6 cm. • Daun lebih simetris dan berbentuk runcing. • Tidak terdapat kosta. • Kapsul dasar lebih pendek dari katup. • Dapat tumbuh di permukaan tebing yang basah dan memerah bat pada ketinggian \pm 700-1590m. • Memiliki spora yang jauh lebih

		besar.
	 <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p><i>Andreaea australis</i></p> <p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Andreaeales</i> S : <i>Andreaeaceae</i> M : <i>Andreaea</i> Sp : <i>Andreaea australis</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panjang batang 1-12 cm. • Bentuk daun lanset. • Lebar daun 0,4-1,5 mm. • Kosta mencolok dari daun pucuk ke dasar. • Kapsul dasar lebih pendek dari katup. • Tumbuh pada permukaan batu basah atau berbayang. • Padang rumput. • Habitat yang cocok didaratan Australia namun langka di Tasmania.
		<p><i>Andreaea flabellate</i></p> <p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i></p>

	<p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Andreaeales</i></p> <p>S : <i>Andreaeaceae</i></p> <p>M : <i>Andreaea</i></p> <p>Sp : <i>Andreaea flabellate</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panjang batang 5-10 mm. • Daun berbentuk linier ada juga yang lanset. • Lebar daun 0,20-0,25 mm. • Memiliki spora yang lebih kecil kurang dari 30 pM. • Kapsul dasar lebih pendek dari katup. • Tumbuh di padang rumput.
	<p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Andreaeales</i></p> <p>S : <i>Andreaeaceae</i></p> <p>M : <i>Andreaea</i></p> <p>Sp : <i>Andreaea gainii</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panjang batang 7-15 mm. • Lebar daun 0,25-0,40 mm.

		<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat kosta. Dapat dijumpai didaerah pegunungan pada ketinggian 890-1225 m
--	--	---

2) *Sphagnaceae*

Bangsa ini hanya terdapat satu suku *Sphagnaceae* dan satu marga yaitu *Sphagnum*. Marga ini meliputi sejumlah besar jenis lumut yang kebanyakan hidup di tempat- tempat yang berawa awa dan membentuk rumpun atau bantalan, yang apabila dilihat dari atas maka kecenderungan tiap-tiap tahun tampak bertambah luas. Sedangkan bagianbagian bawah yang ada dalam air mati dan berubah menjadi gambut. Lumut ini berperan penting bagi kesuburan tanah.


Bangsa *Sphagnales* memiliki ciri-ciri:


- Hidup di rawa-rawa atau di daerah banyak air, membentuk rumpun atau bantalan.
- Protonema berbentuk daun kecil dengan tepi daun yang bertoreh, terdiri atas satu lapis sel, menempel pada alas dengan rizoid.
- Tiap protonema hanya akan membentuk satu gametofor yang terdiri atas batang- batang yang bercabang dengan daun-daun.
- Tidak ada rusuk tengah pada daun. Gametofor tidak mempunyai rizoid.
- Daun tersusun atas sel-sel yang berkloroplas dan sel-sel yang mati dan kosong.
- Batang bercabang-cabang tegak dan membentuk roset di ujung.
- Jaringan pada batang seperti spons parenkim, sama dengan mesofil daun.
- Gametangium terdapat pada cabang-cabang yang khusus.


- i. Cabang yang mendukung anteridium pada ketiak daun, sedang cabang yang mendukung arkegonium pada ujung cabang.
- j. Arkegonium dibentuk berkelompok dan dilindungi oleh periketium.
- k. Sporogonium bertangkai pendek dengan kaki haustorium yang kemudian berkembang menjadi pseudopodium.
- l. Seta hanya merupakan lekukan antara kaki dan kapsul.
- m. Kapsul spora mempunyai tutup tetapi tidak terdapat peristom.
- n. Kolumela berbentuk setengah bola.



Beberapa jenis dari bangsa Sphagnales, sebagaimana terdapat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Bangsa Sphagnales

No	Gambar	Klasifikasi
1	 <p><i>Sphagnum fimbriatum</i></p> <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Sphagnales</i> S : <i>Sphagnaceae</i> M : <i>Sphagnum</i> Sp : <i>Sphagnum fimbriatum</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> Batang banyak bercabang, cabang yang muda tumbuh

		<p>tegak, dan membentuk roset pada ujungnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daun-daun yang sudah tua terulai dan menjadi pembalut bagian bawah batang • Habitat kebanyakan hidup di rawa-rawa • Membentuk rumpun atau bantalan • Cabang-cabang jantan mempunyai anteridium yang bulat dan bertangkai di ketiak-ketiak daunnya • Cabang-cabang betina mempunyai arkegonium pada ujungnya. • Sporogonium membentuk tangkai pendek dengan kaki yang membesar
2		<p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Sphagnales</i> S : <i>Sphagnaceae</i> M : <i>Sphagnum</i> Sp : <i>Sphagnum capillifolium</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batang daun relatif panjang. • Berbentuk seperti telur, diatas lebih sempit daripada dibawah

		<p>(tumpul).</p> <ul style="list-style-type: none"> Memiliki banyak pori-pori dibagian atas. Hidup di tepi berhutan sekitar rawa.
3	<p><i>Sphagnum compactum</i></p> 	<p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Sphagnales</i> S : <i>Sphagnaceae</i> M : <i>Sphagnum</i> Sp : <i>Sphagnum compactum</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> Memiliki daun cabang lurus yang lebih rendah. Tumbuh terpisah dengan spesies lain. Batang gelap Warna keputihan, hijau pucat.

<p>4</p>	 <p>Sphagnum suarrosuum</p> <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Sphagnales</i> S : <i>Sphagnaceae</i> M : <i>Sphagnum</i> Sp : <i>Sphagnum suarrosuum</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daun meuncing • Tinggi daun 5-10 mm. • Ujung batang gelap kemerehan. • Hidup di tempat yang lembab.
<p>5</p>	 <p><i>Sphagnum sp</i></p>	<p>K : <i>Plantae</i> D : <i>Bryophyta</i> K : <i>Musci</i> B : <i>Sphagnales</i> S : <i>Sphagnaceae</i> M : <i>Sphagnum</i> Sp : <i>Sphagnum sp.</i></p> <p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batang banyak bercabang. • Daun sudah terulai. • Ujung daun menguning. • Tepi daun bergerigi. • Hidup ditempat basah

3) *Bryales*



Sebagian besar bangsa *Bryales* merupakan lumut daun. berupa lumut daun. Kapsul spora telah mengalami diferensiasi yang maju. Sporangium bertangkai yang dinamakan seta di mana pangkalnya tertanam dalam jaringan tumbuhan gametofitnya.



Bagian atas seta dinamakan apofisis. Di dalam kapsul spora terdapat ruang-ruang spora yang dipisahkan oleh jaringan kolumela. Bagian atas dinding kapsul spora terdapat tutup (operculum), yang tepinya terdapat lingkaran sempit disebut cincin. Sel-sel cincin ini mengandung lendir sehingga dapat mengembang dan menyebabkan terbukanya operculum. Bangsa *Bryales* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Kaliptra berasal dari bagian atas dinding arkegonium.
- b. Pada jenis tertentu (*Funaria*) kaliptra melebar seperti parut.
- c. Terdapat jaringan kolumela pada kapsul spora.
- d. Kolumela dan ruang spora dikelilingi oleh ruang antar sel yang terdapat didalam dinding kapsul spora. Di Kebanyakan warga *Bryales*, dibawah operculum terdapat peristom (gigi yang menutup lubang kapsul spora).

Beberapa jenis dari bangsa *Bryales*, sebagaimana terdapat pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Contoh Spesies Bangsa *Bryales*

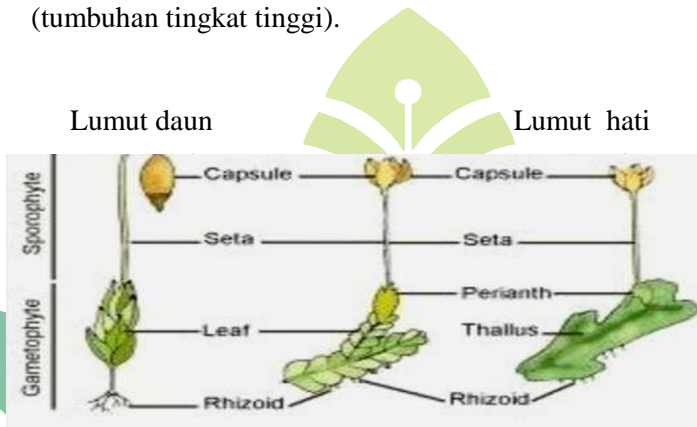
No	Gambar	Klasifikasi
1	 <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p><i>Bryum argenteum</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Bryales</i></p> <p>S : <i>Bryaceae</i></p> <p>M : <i>Bryum</i></p> <p>Sp : <i>Bryum argenteum</i></p>
	<p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berwarna hijau. • Bentuk daun semakin ujung semakin bulat. • Hidup ditempat lembab. • Kapsul matang terkulai dimusim semi. 	
2	 <p>Sumber : http://www.bing.com</p>	<p><i>Bryum capillare</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Bryales</i></p> <p>S : <i>Bryaceae</i></p> <p>M : <i>Bryum</i></p> <p>Sp : <i>Bryum capillare</i></p>
	<p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berwarna hijau. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk daun semakin ujung semakin bulat. • Hidup ditempat lembab. • Kapsul matang terkulai dimusim semi.
3	 <div> <p><i>Bryum cellulare</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Bryales</i></p> <p>S : <i>Bryaceae</i></p> <p>M : <i>Bryum</i></p> <p>Sp : <i>Bryum cellulare</i></p> </div>
	<p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kapsul berwarna kecokelatan • Habitat tempat lembab, dan basah. • Sporogonium terlihat
4	 <div> <p><i>Bryum coronatum</i></p> <p>K : <i>Plantae</i></p> <p>D : <i>Bryophyta</i></p> <p>K : <i>Musci</i></p> <p>B : <i>Bryales</i></p> <p>S : <i>Bryaceae</i></p> <p>M : <i>Bryum</i></p> <p>Sp : <i>Bryum coronatum</i></p> </div>
	<p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kapsul belum terlihat. • Sporogonium belum terlihat. • Tidak terdapat rusak dan berpori.

- Tidak terdapat percabangan

2. Bagian Tubuh *Bryophyta* (Lumut)

Hampir sebagian besar jenis lumut yang ditemui memiliki bentuk tubuh yang kecil, meskipun dapat ditemui juga lumut yang memiliki bentuk atau struktur tubuh yang besar hingga mencapai ukuran setengah meter. Ukuran lumut yang terbatas atau kecil tersebut mungkin disebabkan tidak adanya sel berdingin sekunder yang berfungsi sebagai jaringan penyokong seperti layaknya terdapat pada tumbuhan berpembuluh (tumbuhan tingkat tinggi).



Gambar 2.6. Struktur tubuh lumut daun dan lumut hati yang memiliki bentuk gabungan antara fase gametofit dan sporofit yang terletak dalam satu tubuh tumbuhan.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Gambar tersebut menjelaskan struktur tubuh tumbuhan lumut, dengan adanya bagian utama yaitu kapsul, seta, daun atau talus dan rhizoid. Sel-sel penyusun tubuhnya telah memiliki dinding sel yang dominan terdiri dari selulosa. Struktur yang menyerupai daun belum sempurna dan umumnya setebal satu lapis sel, kecuali ibu tulang daun yang

lebih dari satu lapis sel. Sel-sel daun tersebut kecil, sempit, panjang, dan mengandung kloroplas yang tersusun seperti jala. Di antaranya terdapat sel-sel mati yang besar karena penebalan dinding dalamnya dan berbentuk spiral. Sel-sel yang mati tersebut berguna sebagai tempat persediaan air dan cadangan makanan.

Tunas yang berdaun umumnya terbentuk pada *caulonema* dan dapat menghasilkan banyak gametofit berdaun yang identik secara genetik. Protonema yang dihasilkan oleh lumut hati dan lumut tanduk memiliki fase pertumbuhan yang singkat singkat, berbentuk bundar atau silinder, yang biasanya akan berkembang menjadi tanaman tunggal.

Gametofit memiliki *rhizoid*, *caulid* (bentuk menyerupai batang), dan *phyllids* (daun tidak sempurna). Rhizoid menempel pada gametofit merupakan bentuk struktur uniseluler yang lentur. Pada lumut hati dan lumut tanduk memiliki *caulid* yang multiseluler, bercabang dan berwarna coklat. *Caulid* tersebut tumbuh secara vertikal atau horizontal, dengan anatomi yang tidak berdiferensiasi, sangat sederhana, dengan kandungan epidermis, korteks, dan silinder sentral.

Gametofit memiliki struktur pelindung yang steril, dan dikenal sebagai *paraphyses*. Struktur ini melindungi gametangia lumut terhadap kerusakan mekanis dan dehidrasi, dan juga memiliki peran dalam sekresi zat untuk menarik mikroarthropoda yang akan membantu sel sperma melakukan fertilisasi. Salah satu spesies lumut hati yang bertalus, yaitu *Ricciaceae*, maka gametofit dan sporofit terbentuk dan tertanam di dalam thalusnya. Kapsul spora yang terbentuk akan melepaskan spora hanya setelah jaringan gametangiumnya membusuk.

Tumbuhan lumut juga memiliki sebuah struktur yang disebut sebagai *calyptra*, yaitu tutup kecil atau topi kecil yang terdapat pada jaringan induk dengan kromosom 1N, yang menutupi bagian atas sporofit (2N) selama perkembangannya. Hipotesis lama menyatakan bahwa *calyptra* memiliki fungsi untuk

mencegah jaringan di bawah sporofit mengalami kekeringan. Logika hipotesis tersebut berdasarkan anggapan atau asumsi bahwa, bagian atas keturunan lumut (sporofit) memang tersusun dari jaringan-jaringan muda yang sensitif terhadap kekeringan.



Gambar 2.7 *Calyptra* yang merupakan struktur di ujung sporofit yang berfungsi untuk melindungi jaringan muda yang baru terbentuk di bawahnya.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Calyptra memiliki struktur kutikula yang menutupi bagian atasnya, dan kutikula tersebut cenderung lebih tebal daripada kutikula yang terdapat pada gametofit dan sporofit yang berdaun.³ Penebalan kutikula pada *calyptra* merupakan struktur khusus yang tidak ditemukan pada bagian lain dari lumut. Pembuktian tersebut menunjukkan bahwa struktur *calyptra* dengan penebalan kutikula khusus memang berfungsi sebagai pencegah dehidrasi khususnya pada sporofit yang merupakan jaringan muda yang baru terbentuk.

Tubuh tumbuhan lumut hanya tumbuh memanjang dan tidak membesar. Pada ujung batang terdapat titik tumbuh dengan sebuah sel pemula di puncaknya. Sel pemula itu

³ Budke, J.M., Goffinet, B., & Jones, C.S. (2011). A hundred-year-old question: Is the moss calyptra covered by a cuticle? A case study of *Funaria hygrometrica*. *Annals of Botany*, 107(8), 1279–1286. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr079>

biasanya berbentuk bidang empat (*tetrad*) dan membentuk sel-sel baru ke tiga arah menurut sisinya. *Rhizoid* tampak seperti rambut atau benang-benang. Berfungsi sebagai akar untuk melekat pada tempat tumbuhnya dan menyerap air serta garam-garam mineral (makanan). *Rhizoid* terdiri dari satu deret sel yang memanjang kadang-kadang dengan sekat yang tidak sempurna.

Keberadaan rhizoid merupakan perkembangan evolusi struktur tumbuhan lumut yang diawali dari tiga kelas sebagai tumbuhan darat yaitu lumut hati, lumut daun dan lumut tanduk. Kelompok lumut (*Bryophyta*) tersebut merupakan kelompok tersendiri meskipun beberapa kajian filogeni molekuler baru-baru ini menggolongkan *Bryophyta* sebagai kelompok monofiletik. Di garis tanah tanaman divergen awal, lumut hati, lumut, dan lumut tanduk, gametofit adalah satu-satunya yang hidup bebas tahap siklus hidup. Karena fase siklus hidup ini adalah langsung kontak dengan substrat, gametofit mengembangkan system dari rhizoid. Hampir semua rhizoid tersebut terdiri dari sel-sel (rambut akar) sepanjang permukaannya. Rambut-rambut tersebut telah terbukti penting untuk serapan nutrisi bagi lumut.⁴



Gambar 2.8. Morfologi rhizoid. A) Rhizoids dari *Chara braunii*; (B) rhizoid dari gametophyte lumut *Marchantia polymorpha*; (C) rhizoids multiseluler pada gametofit lumut *Physcomitrella patens*; (D) rhizoid dari lumut tanduk gametofit *Anthoceros punctatus*; (E) rhizoids pada gametofit prothallus

⁴ Jones, V.A.S., & Dolan, L.(2012). The evolution of root hairs and rhizoids, 205–212. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs136>

dari pakis *Ceratopteris richardii*; Tanda panah menunjukkan rhizoids atau akar rambut.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Rambut akar berperan penting dalam penyerapan nutrisi anorganik esensial dari tanah. Hal ini penting untuk nutrisi diambil dalam bentuk ion dari air tanah dari permukaan akar.⁵ Kemudian nutrisi akan diangkut ke dalam tanaman itu dan diganti pada permukaan akar melalui proses difusi, apabila ada nutrisi dalam konsentrasi yang cukup di dalam air tanah tersebut. Nitrat dan amonium terlarut juga menyebar melalui air tanah, sehingga mengisi ion-ion di permukaan akar.

Untuk fosfat tidak bergerak air di tanah karena kecenderungannya mengikat partikel dan bentuk endapan tanah liat yang tidak larut dalam tanah. Sebagai hasilnya, akan ada sedikit difusi fosfat melalui air tanah ke permukaan akar, di mana konsentrasinya tetap rendah setelah diserap ke akar. Konsekuensinya, konsentrasifosfat dalam air tanah di sekitar akar tetap rendah.

Kondisi tersebut berada disekeliling akar tempat nutrisi berada sehingga kecenderungan kekurangan fosfat dapat terjadi pada kondisi yang demikian. Panjang rambut akar (termasuk rhizoid) sangat menentukan kondisi keberadaan fosfat tersebut. Panjang rambut akar memungkinkan tanaman untuk mengekstrak nutrisi yang lebih besar pada tanah dibandingkan dengan tanaman dengan tumbuhan dengan rambut akar pendek. Hal tersebut menjelaskan mengapa tumbuhan dengan rambut akar (rhizoid) yang panjang cenderung akan mampu menyerap fosfat dengan lebih baik. Di sisi lain keberadaan panjang rambut akar tersebut juga berpengaruh

⁵ Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Book • Third Edition • 2012

signifikan terhadap kemampuan dalam menyerap ion K^+ yang ada dalam tanah. Meskipun pada dasarnya rhizoid merupakan evolusi bentuk akar serta memiliki fungsi seperti disampaikan, namun fungsi tersebut tidak sempurna seperti halnya akar pada tumbuhan tingkat tinggi, dan bahkan akan berbeda untuk setiap spesiesnya.

Beberapa literatur menyampaikan bahwa peran utama rhizoid terletak di bagian substrat tempat menempelnya lumut. Rhizoid dari banyak lumut hati membentuk cakram atau bercampur dengan partikel padat dan melekat kuat pada substrat tersebut. Pada rhizoid tersebut juga ditemui percabangan yang terletak pada ujung rhizoid lumut. Kondisi tersebut ditemui pada rhizoid gametofit pakis (*Hymenophyllaceae*), sementara rhizoids lumut juga dapat menampilkan respon *Thigmotropic*, dan melingkar di sekitar objek dalam substrat.

Pengamatan rhizoid sangat penting, contohnya seperti *Pleurocarpous* yang sangat bercabang pada lumut, seringkali rhizoid lebih berlimpah dan banyak bercabang khususnya pada lumut yang tumbuh di substrat yang keras dan telanjang seperti lumut yang tumbuh di atas batu atau di atas tanah. Melekatnya rhizoid pada substrat tersebut dapat difasilitasi oleh diproduksinya zat perekat berupa polisakarida non selulosa.

Rhizoid juga telah terbukti terlibat dalam proses pengambilan transportasi air. Banyak *Bryophyta* seperti *ectohydric* yang tidak memiliki kutikula tebal dan menyerap air dari seluruh permukaan tubuhnya. Padahal rhizoid tidak diperlukan untuk menyerap air secara langsung terutama pada spesies tersebut, karena banyak lumut menghasilkan *tomentum*, yaitu lapisan tebal pada rhizoid yang tumbuh dari batang, dan ruang-ruang yang terbentuk diantara rambut sebagai media bantu transportasi air melalui mekanisme kapiler. Sebaliknya beberapa *Bryophyta* merupakan *endohydric*, dengan mekanisme transport air secara internal.

Rhizoid dari lumut *Endohydric polytrichum* telah terbukti

mengambil air dari substrat, meskipun mekanisme pengambilan air ini mungkin lebih kecil dibandingkan dengan serapan di permukaan udara oleh tanaman. Pada lumut hati thalloid kompleks dari *Marchantiales*, rhizoid terlibat dalam pengambilan dan pengangkutan air dari substrat. Lumut hati tersebut memiliki dua jenis rhizoid: yaitu *smoothwalled* rhizoid dan *tuberkulosis* rhizoid. Rhizoid tersebut menebal membentuk bundel (seperti lumuttomenta) yang ada di sepanjang permukaan talus. Selain gerakan eksternal tersebut, maka rhizoid juga berfungsi dalam mengalirkan air dalam dindingnya yang halus. Pada spesies *Conocephalum conicum* dan *C. japonicum*, pergerakan air dari rhizoid ke dalam thallus dilakukan oleh sel-sel yang ada pada permukaan ventral. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa rhizoid memiliki fungsi penting untuk transportasi air bagi kelas *Marchantiales*.

Rhizoid berperan aktif dalam pengambilan nutrisi anorganik di beragam spesies. Rhizoid dari spesies *Chara* tumbuh ke dalam substrat dan berperan penting sebagai penahan pada tumbuhan tersebut. Selain itu, rhizoid mengandung konsentrasi yang lebih tinggi terhadap nutrisi mineral dibandingkan nutrisi mineral dalam air bebas. Rhizoid juga berperan mengambil nitrat, amonium dan fosfat dari sedimen.

Namun belum dilaporkan peran rhizoid lumut hati dalam menyerap hara. Keunikannya adalah sering ditemui asosiasi mirip mikoriza dengan jamur yang kemudian secara substansial dapat meningkatkan penyerapan nutrisi dari dalam tanah. Proses pengambilan nutrisi oleh lumut juga belum ditemukan dengan baik, tetapi umumnya terdapat anggapan bahwa mayoritas lumut mendapatkan sebagian besar nutrisi dari proses pengendapan debu. Lumut yang tumbuh di tanah telah terbukti dapat memperoleh nutrisi dari substrat meskipun belum ditunjukkan apakah hal tersebut merupakan serapan langsung oleh rhizoid atau transportasi eksternal nutrisi air tanah di atas permukaan tanaman ke bagian-bagian yang berdaun.

Meskipun bukti yang disampaikan tersebut menunjukkan

perbedaan fungsi dari rhizoid, namun tampaknya akar rambut dan rhizoid memiliki fungsi yang serupa, meskipun mungkin tingkat keluasannya berbeda termasuk dalam spesies yang berbeda. Rhizoid lumut berkembang di gametofit dan tidak seperti akar rambut maka rhizoid dari lumut hati dan lumut tanduk adalah multiseluler. Rambut akar dan rhizoid tersebut mungkin memiliki kesamaan fungsi dan model pertumbuhan serta perkembangan yang serupa. Namun, dapat dikatakan bahwa duanya analog karena dihasilkan oleh fase yang berbeda dari siklus kehidupan tumbuhan yang berbeda pula.

Kemiripan antara rhizoid dan akar rambut bisa dikatakan merupakan hasil evolusi konvergen karena jenis sel keduanya memiliki fungsi yang serupa. Mekanisme perkembangan dalam memproduksi rizoid sudah ada sejak awal pertumbuhan tanaman didarat dan mungkin didominasi oleh sporofit kemudian berkembang untuk menghasilkan rambut akar. Dengan demikian akan selalu timbul pertanyaan apakah rhizoid dan akar rambut merupakan 'alat perkembangan yang kuno' dari perkembangan gen?

Rhizoid yang terdapat pada lumut hati memiliki struktur daun yang terdiri atas 1 sel (uniseluler) dan berfungsi sebagai alat untuk melekatkan diri pada substrat. Beberapa spesies yang lain memiliki 2–3 baris daun yang melekat pada batang, dan terbagi atas dua baris daun *dorsal* (lobe), satu baris daun *ventral* (*under leaf*) yang biasanya memiliki ukuran lebih kecil daripada daun dorsal, atau bahkan tidak ada. Terdapat modifikasi bentuk daun pada beberapa spesies dengan struktur seperti cuping yang disebut *lobule*. *Lobule* ini merupakan perluasan daun yang memiliki fungsi tambahan yang bisa menangkap atau menampung air yang berada di bagian *ventral*.

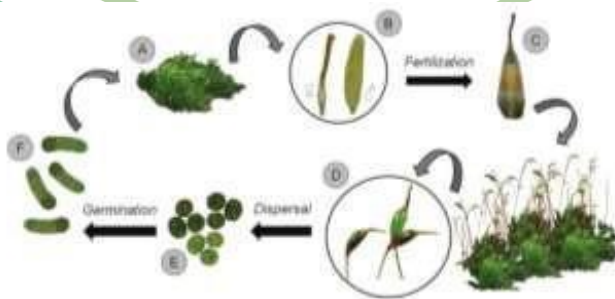
3. Siklus Hidup *Bryophyta*

Ukuran tubuh *Bryophyta* relatif kecil serta memiliki fase seksual yang disebut gametofit dalam siklus reproduksinya. Sedangkan struktur sporofit yang berperan untuk menghasilkan spora merupakan fase lanjutan dalam siklus reproduksinya.

Sporofit berperan menghasilkan spora yang biasanya menempel pada struktur gametofit tumbuhan lumut tersebut.

Gametofit pada tumbuhan lumut berwarna hijau, berdaun (di semua lumut dan sebagian besar lumut hati) atau juga dapat berbentuk talus (pada beberapa lumut hati dan semua lumut tanduk). Gametangia tersebut tersusun oleh satu atau lebih lapisan sel yang steril dan membentuk dinding yang di dalamnya banyak mengandung gamet. Antheridium (gametangium jantan) menghasilkan banyak antherozoid atau spermatozoid, sedangkan archegonia (gametangium betina) mengandung satu sel tunggal (oosphere atau telur).

Siklus hidup tumbuhan lumut tersebut menunjukkan pergiliran generasi yaitu gametofit, yaitu individu multiseluler dengan sel-selnya yang haploid dan generasi sporofit dengan individu multiselulernya dengan sel-sel yang diploid. Gametofit akan menghasilkan gamet haploid yang akan menyatu untuk membentuk zigot, dan kemudian zigot berkembang menjadi sporofit yang diploid. Pergiliran keturunan tersebut akan terus berlangsung saling menghasilkan untuk menunjang reproduksi selama kehidupan tumbuhan lumut.



Gambar 2.9. Pergiliran Keturunan *Bryophyta*. Gametofit(A) dengan daun semu yang menempel; gametofit jantan (*Antheridium*) yang menghasilkan sperma dan gametofit betina (*arkegonium*) yang menghasilkan sel telur(B); proses fertilisasi yang terjadi dalam arkegonium(C); sporofit yang

menempel pada gametofit dengan sporogonium di bagian sporofit atas(D); Spora(E); dan Protonema yang merupakan hasil perkecambahan spora(F).

Sumber : Xishuangbanna, Botanical, Pan, Academy, & Liu, 2014

Di dalam siklus hidupnya kelompok tumbuhan lumut mempunyai dua generasi yaitu generasi gametofit dan generasi sporofit. Generasi gametofit meliputi *rhizoid*, batang dan daun. Pada bagian ujung batang biasanya akan dihasilkan *archegonium* (alat perkembangan betina) dan *antheredium* (alat perkembangbiakan jantan). Apabila telah terjadi pembuahan maka terbentuklah zygote yang akan membelah dan kemudian berkembang membentuk seta, kapsul (peristome, annulus, operculum) dan calyptra yang sering disebut sebagai generasi sporofit. Di dalam kapsul, sel-sel induk spora (sporofit) erpisah secara meiosi, yang umumnya berasal dari tetead spora haploid. Setelah matang, spora akan dilepaskan dari kapsul (sporangium) dan tersebar dengan bantuan angin. Spora yang jatuh pada media atau substrat yang cocok akan mengalami percambahan sehingga membentuk struktur yang disebut protonema. Protonema lumut akan berdiferensiasi menjadi *kloronema* (sel-sel dengan banyak kloroplas dan dinding *transversus*), *caulonema* (sel-sel dengan kloroplas berbentuk jarum dan dinding transversal miring) dan *rhizoid* (sel-sel coklat tanpa kloroplas dan dinding melintang miring).⁶

Pergiliran keturunan (*metagenesis*) pada lumut mengalami dua fase kehidupan yaitu fase *sporofit* (2n) dan fase *gametofit* (n). Kedua fase tersebut akan bergabung menjadi satu struktur tubuh *Bryophyta* dengan bagian bawah adalah gametofit dan bagian atas adalah sporofit. Struktur rhizoid melekat pada talus

⁶ Xishuangbanna, C. L., Botanical, T., Pan, K., Academy, C., & Liu, C. (2014). *Reproductive Biological Characteristics of Dendrobium Species*. *Reproductive biology of plants*. <https://doi.org/10.1201/b16535-11>

yang terdiri dari satu atau beberapa lapisan sel, bercabang dichotomik atau dengan bentuk roset. Sedangkan *phyllids* melekat pada *caulid*, dan umumnya hijau, kecil dan hanya terdiri dari satu sel berlapis. Di lumut, *phyllids* umumnya memiliki daerah pusat tebal (dengan lebih dari satu lapisan sel) yang mirip dengan vena sentral di daun tanaman lain dan disebut *costa*. Sebaliknya, dalam lumut hati, *phyllids* disusun dalam tiga baris, atau jarang dalam dua atau empat, tetapi tidak memiliki *costa* sejati.

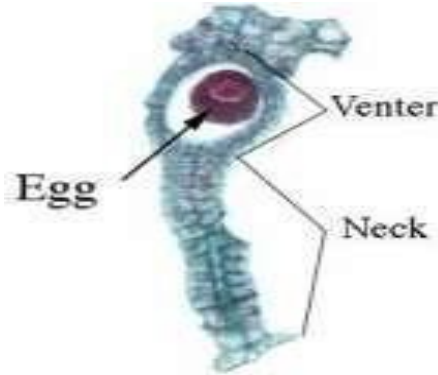
4. Organ Perkembangbiakan

Lumut memiliki dua alat perkembangbiakan (*gametangium*), yaitu *arkegonium* sebagai sel gamet betina, dan *anteridium* sebagai sel *gamet* jantan. Berdasarkan letak alat kelamin pada lumut dapat dibedakan menjadi dua yakni: Lumut berumah satu (*homotalus*) bisa terjadi apabila *anteridium* dan *arkegonium* dihasilkan oleh satu *gametofit* (satu individu lumut), dan lumut berumah dua (*heterotalus*) apabila keduanya dihasilkan oleh *gametofit* yang berbeda.

Gamet pada *Bryophyta* berkembang dalam gametangium (*gametangia*) dengan gametangium jantan yang disebut sebagai *anteridium* serta gametangium betina yang disebut *arkegonium*. Alat perkembangbiakan jantan atau *anteridium* (*gametangium* jantan) berbentuk bulat seperti gada. Dindingnya seperti dinding *arkegonium* terdiri atas sel-sel selapis mandul. Didalamnya terdapat sejumlah besar sel *spermatozoid* berbentuk spiral pendek sebagian besar terdiri atas inti dan dekat dengan depannya terdapat bulu cambuk.

Fase gametofit merupakan fase yang dominan dalam siklus hidup lumut dibandingkan dengan fase sporofitnya dan gamet-gamet dibentuk secara meiosis dalam gametangia multiselular yang disebut *anteridium* serta *arkegonium*. Pada lumut sporofit berumur pendek akan menghasilkan sporangium. Meskipun mampu melakukan fotosintesis sporofit menempel serta bergantung kepada gametofit. Hal ini disebabkan sporofit umumnya lebih kecil dengan daur hidup yang lebih pendek

serta memiliki ketergantungan (parasitik) untuk pemenuhan air dan unsur hara yang dibutuhkan pada fase gametofitnya.



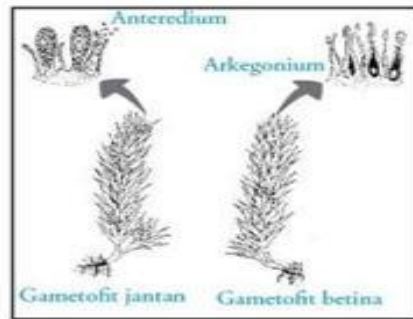
Gambar 2.10. Penampang melintang Struktur arkegonium tumbuhan lumut

Sumber : Xishuangbanna, Botanical, Pan, Academy, & Liu, 2014

Arkegonium (gametangium betina) bentuknya seperti botol dengan bagian lebar yang disebut perut, yang sempit disebut leher. Bagian perut maupun leher mempunyai dinding yang terdiri atas selapis sel. Pada bagian perut terdapat terdapat satu sel pusat yang besar, sebelum arkegonium masak (siap untuk dibuahi) membelah menjadi sel telur dan suatu sel terdapat pada pangkal leher dan dinamakan saluran perut. Pada bagian leher diatas saluran perut terdapat saluran leher. Anteridium menghasilkan sperma berflagel dan arkegonium menghasilkan satu sel telur (ovum). Sel telur dibuahi oleh sperma dalam arkegonium sehingga berkembang menjadi embrio yang terdapat dalam selubung pelindung organ betina.

Sporofit haploid melalui mekanisme pembelahan meiosis membentuk struktur yang disebut sporangium. Spora yang dihasilkan dalam sporangium memiliki struktur yang sangat kecil, haploid, dan biasanya terlindungi oleh *sopopollenin*, saat matang akan menyebar dan berkembang menjadi gametofit

baru.



Gambar 2.11. Bagian Anteridium dan Arkegonium tumbuhan lumut

Sumber : Xishuangbanna, Botanical, Pan, Academy, & Liu, 2014

Struktur *sporofit* (*sporogonium* atau badan penghasil spora), saprofit tubuh lumut terdiri dari: *vaginula*, *seta*, *apofisis*, *kaliptra*, *kolumela*. *Sporofit* tumbuh pada *gametofit* menyerupai daun. *Gametofit* berbentuk seperti daun dan di bagian bawahnya terdapat *rizoid* yang berfungsi seperti akar. Jika sporofit tidak memproduksi spora, *gametofit* akan membentuk *anteridium* dan *arkegonium* untuk melakukan reproduksi seksual.

Sporofit pada lumut tidak memiliki akses langsung dengan permukaan tanah. Spora yang dihasilkan mempunyai selubung berketul sebagai upaya menghindari kekeringan. Gamet jantan pada lumut berupa sperma dengan 2 flagela, untuk menuju sel telur sperma ini berenang dalam air. Oleh karena itu, untuk reproduksi seksualnya lumut selalu membutuhkan air.

Pada banyak lumut hati talus dan sporogonium tumbuh ke bawah atau horizontal, dan bukan mengarah ke atas seperti di *Bryophyta* lainnya. Terlepas dari terdapatnya sporogonia lumut hati yang horizontal maka lumut daun dan lumut tanduk sebaliknya memiliki pertumbuhan tumbuh ke atas. Pada *Sphagnum* dan *archidium*, ditemui juga sporogonium yang tidak

memiliki seta. Kondisi tersebut yang menjadikan alasan mengapa tidak semua struktur bryofita berada pada fase diploid. Dengan demikian maka memang sporogonium di lumut, memang merupakan organ penghasil spora dan melakukan penyebaran dan bukan seperti sporofit dari tanaman berpembuluh, yang melakukan fungsi transportasi air dan nutrisi, termasuk penyerapan air dan nutrisi serta reproduksi.⁷

Jika *arkegonium* telah masak dan sel telur siap dibuahi maka *arkegonium* membuka pada ujungnya serta sel-sel saluran leher dan sel saluran perut menjadi lender dan menghasilkan zat tertentu yang merupakan daya tarik kemotaksis bagi spermatozoid. Berdasarkan letak dari gametangianya, lumut dibedakan menjadi dua yaitu:

- 1) Jika anteridium dan *arkegonium* dalam satu individu tumbuhan lumut disebut **berumah satu** (*monoesis*), contoh : **lumut daun** (*Musci*).
- 2) Jika dalam satu individu hanya terdapat *anteridium* atau *arkegonium* saja tumbuhan lumut disebut berumah dua (*diesis*) contoh lumut hati (*Hepaticaceae*).

Proses fertilisasi yang terjadi pada *Bryophyta* melalui pembuahan dari sperma pada sel telur akan menghasilkan embrio yang masih melekat dalam arkegonium. karena itu maka perkembangan embrio sangat tergantung pada nutrisi yang didapatkan oleh tanaman induk, terutama di fase-fase awal pertumbuhannya. Masuknya nutrisi untuk embrio yang baru terbentuk adalah melalui transfer nutrisi melalui saluran yang terbentuk diantara gametofit dan sporofit yang disebut sebagai plasenta. Embrio dan posterior sporofit, menerima air, mineral dan zat organik yang diperlukan untuk pengembangannya dari gametofit melalui saluran yang disebut

⁷ Taylor, A.B., & Mcmanus, H. A. (2012). Evolution of the life cycle in land plants, 50(February 2011), 171–194. <https://doi.org/10.1111/j.1759-6831.2012.00188.x>

plasenta.

Pada saat masak setiap arkegonium menghasilkan sebuah sel telur, sedangkan anteridium membentuk sel sperma berflagela dalam jumlah sangat banyak. Percikan air hujan membantu melepaskan sel sperma dari anteridium. Air hujan juga merupakan medium yang memungkinkan sel sperma berenang menuju sel telur dalam arkegonium. Dengan bantuan air hujan sel sperma dapat menempuh jarak sampai setengah meter dari tempat asalnya. Setelah sel sperma mencapai arkegonium masak serta bertemu dengan sel telur terjadi proses fertilisasi. Zigot hasil fertilisasi selanjutnya akan berkembang membentuk embrio multiseluler yang merupakan sporofit. Gametofit menyediakan seluruh makanan serta air yang diperlukan dalam tahap awal perkembangan sporofit muda tersebut.

Struktur diploid dalam lumut tanduk berbeda dengan di lumut daun dan lumut hati. Pertama adalah dalam hal ukurannya yang relatif berada pada gametofit dan terbesar di antara kelas *Bryophyta*. Rasio perbedaan besar sporofit dan gametofit mencapai hampir 1:1. Kedua, struktur tersebut secara permanen melakukan proses fotosintesis dan juga transfer fotosintat dari sporofit ke gametofit. Ketiga, lumut tanduk memiliki *sporophyte* yang berumur panjang yaitu lebih dari sembilan (9) bulan, seperti pada spesies *Anthoceros fusiformis*.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

PERAN KEBERADAAN LUMUT (*Bryophyta*)

STANDAR KOMPETENSI

Mahasiswa memahami peran keberadaan *Bryophyta*.

KOMPETENSI DASAR

1. Mahasiswa mampu menjelaskan peran *Bryophyta* bagi manusia khususnya dan bagi ekosistem umumnya.
2. Mahasiswa mampu mendeskripsikan secara detail fungsi *Bryophyta* dalam mendukung keseimbangan ekosistem.
3. Mahasiswa mampu mendeskripsikan secara detail fungsi *Bryophyta* dalam mendukung kehidupan manusia.
4. Mahasiswa mampu membedakan peran *Bryophyta* untuk keperluan industry dan untuk mendukung lingkungan.

1. Lumut Sebagai Pendukung Kehidupan Organisme Lain

Bryophyta atau tumbuhan lumut pada kebanyakan kultur masyarakat tradisional dapat berkembang sebagai salah satu jenis tanaman yang dapat dipergunakan untuk pengobatan. Dalam penggunaannya tumbuhan lumut ini dapat dicampur sebagai substansi pelengkap tanaman obat yang lain. Pada wilayah hutan hujan tropis, lumut berperan penting untuk meningkatkan kemampuan hutan dalam menahan keberadaan air (*water holding capacity*). Dengan kemampuan menahan airnya, maka lumut dapat menjadi media hidup bagi tumbuhan epifit seperti anggrek serta paku-pakuan. Secara alami pula kemampuan mengikat air oleh lumut akan mampu membantu

biji yang tidak sengaja jatuh di atasnya untuk berkecambah dan tumbuh.

Bryophyta memiliki kapasitas retensi air yang tinggi karena strukturnya, dan cenderung paling berlimpah di daerah dengan tingkat kelembaban atmosfer yang tinggi dan tingkat penguapan yang rendah. Tumbuhan lumut dapat dengan cepat menyerap air dan melepaskannya secara perlahan ke lingkungan sekitarnya, dan karenanya, dapat berkontribusi pada retensi iklim mikro hutan lembab dan pengaturan aliran air. Mungkin yang lebih penting, lumut tersebut memungkinkan hutan untuk melepaskan air secara bertahap ke aliran air, sehingga mencegah banjir bandang, erosi, dan tanah longsor di wilayah hilir. Sifat retensi air rawa sangat mengesankan karena sifat serap lumut *Sphagnum*.



Gambar 3. 1. Hamparan *Sphagnum* di lantai hutan hujan

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013. H.92, Page 19.7.

Sphagnum merupakan tanaman terpenting dalam rawa dan dalam formasi gambut, yaitu sisa-sisa terkompresi dari tanaman vaskular dan non-vaskular (terutama *Bryophyta*, yaitu *Sphagnum*). Lahan gambut yang luas dan dalam di zona beriklim sedang dan sub-arktik diperkirakan mencakup 1% dari permukaan dunia. Kondisi gambut setebal 1,5 meter mungkin membutuhkan waktu sekitar 6.000 tahun untuk terakumulasi,

dan saat ini, banyak lahan gambut yang menjadi sasaran eksploitasi manusia. Lahan gambut diakui sebagai penyerap karbon dan oleh karena itu, penting bagi mereka untuk tetap tidak terganggu. Kegiatan manusia, termasuk drainase, pemupukan, dan budidaya lahan gambut, dapat meningkatkan jumlah karbon dioksida yang dilepaskan dari gambut, karena peningkatan aktivitas mikrobiologi.

Bryophyta juga merupakan komponen penting bagi banyak vegetasi di banyak wilayah di dunia. Tumbuhan tersebut memainkan peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati di hutan basah, lahan basah, gunung, dan ekosistem tundra. Di hutan subtropis, misalnya, *Bryophyta* membentuk komunitas campuran yang luas dan berkontribusi secara signifikan terhadap struktur komunitas dan fungsi ekosistem. Di daerah Arktik, *Bryophyta* penting dalam mempertahankan permafrost sementara lahan gambut yang kaya akan *Bryophyta* adalah penyerap karbon yang penting di zona Arktik dan subtropik. *Bryophyta* sering mendominasi (atau mendominasi bersama lumut) dalam menyeimbangkan kondisi lingkungan, seperti pertemuan puncak gunung yang terbuka, komunitas aliran pedalaman, dan lingkungan beracun (misalnya, tanah yang kaya dengan logam berat), yang mana sebagian besar tanaman vaskular tidak dapat melakukan tugas tersebut dengan sukses. Kemampuan lumut untuk mengikat air dengan lebih baik, mampu menjaga kelembaban lingkungan sehingga tumbuhan lain dapat hidup dengan baik. Bahwa anggrek dapat berkembang dengan baik karena ada lumut yang menopang kebutuhan nutrisi dan air bagi perkembangan hidupnya. Manfaat keberadaan lumut sebagai penjaga kelembaban atmosfer terutama adalah untuk menyimpan air yang sekaligus akan menjaga keseimbangan air dalam hutan. Keberadaan air dalam struktur lumut dapat dibuktikan dengan cara yang sederhana yaitu dengan memeras lumut secara langsung menggunakan tangan untuk melihat kandungan air yang terkandung. Biasanya hasil air yang didapatkan dari perasan lumut tersebut akan seimbang dengan kondisi ukuran dan besar

lumut.⁸

Karena air diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi seksual, *Bryophyta* terbatas terutama ke tempat-tempat di mana air tersedia untuk musim tumbuh. Dalam banyak *Bryophyta*, dormansi memungkinkan kelangsungan hidup selama musim kemarau; yang lain tidak toleran terhadap pengeringan yang panjang. *Bryophytes* cenderung paling melimpah dan subur di iklim lembab dan keragamannya akan sesuai dengan keragaman habitat.

Bryophyta sangat rentan terhadap gangguan. Hancurnya vegetasi tanaman biji menyebabkan hilangnya spesies yang bergantung pada vegetasi tersebut untuk berteduh. Kelangsungan hidup vegetasi tanaman benih juga terkait erat dengan vegetasi *Bryophyta* karena penting dalam mempertahankan kelembaban tanah, daur ulang nutrisi, dan kelangsungan hidup bibit, serta untuk menyediakan habitat bagi organisme lain yang penting untuk kesehatan vegetasi.⁹

Tumbuhan lumut juga bagian dari tumbuhan yang memiliki zat hijau. Layaknya tumbuhan lain, lumut juga melakukan fotosintesis. Hasil dari fotosintesis ini salah satunya adalah menghasilkan manfaat oksigen bagi manusia dan organisme disekitarnya. Komunitas *Bryophyta* juga sangat penting untuk kelangsungan hidup berbagai organisme lain, termasuk serangga, lipan, dan cacing tanah. Banyak *Arthropoda*, seperti *Acarinae* dan *Collembola*, dan *Tardigrades*, tergantung pada lumut daun dan lumut hati sebagai habitat, atau sebagai sumber makanan. Kapsul penghasil spora yang kaya nutrisi sangat cocok untuk beberapa serangga, dan moluska seperti siput. *Bryophyta* juga merupakan sumber makanan untuk burung dan mamalia di lingkungan yang dingin, dan dimakan oleh rusa, angsa, bebek, domba, sapi, dan hewan pengerat lainnya.

⁸ Barat, N. T., Role, E., Forest, S., Tenggara, W. N., Bawaihaty, N., Hilwan, I., ... Kehutanan, F. (2014). Keanekaragaman dan Peran Ekologi Bryophyta di Hutan Sesaot, 5(April).

⁹ Smith, A. J. E. (2001). *Mosses, liverworts and hornworts*.

Bryophyta juga penting sebagai bahan bersarang untuk burung atau bertindak sebagai habitat pelindung bagi amfibi. Misalnya, di hutan pegunungan tropis, khususnya *Papillaria*, *Floribundaria*, *Meteorium*, dan *Squamidium*, dan sejumlah lumut hati (misalnya, *Frullania* dan *Plagiochila*) digunakan dalam konstruksi sarang. *Bryophyta* juga menyediakan substrat yang cocok untuk ganggang biru-hijau (*Cyanobacteria*), spesies ini memperbaiki nitrogen dari udara menjadi senyawa nitrogen padat yang kemudian dapat dipergunakan oleh tanaman yang lain.



Gambar 3.2. *Papillaria*, jenis lumut yang biasa dipergunakan sebagai sarang untuk hewan



Gambar 3.3. *Floribundaria*, jenis lumut yang biasa digunakan sebagai sarang untuk hewan

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Lapisan *Bryophyta* yang padat juga dapat berfungsi sebagai substrat untuk tanaman lain, seperti anggrek kecil atau pakis, dan menawarkan perlindungan bagi hewan kecil (katak, kadal, siput, *Arthropoda*, dll.). Lingkungan lembap yang diciptakan oleh *Bryophyta* juga menguntungkan pembentukan dan pertumbuhan banyak mikroorganisme, seperti *Cyanobacteria* pengikat nitrogen. Telah ditunjukkan bahwa jumlah nitrogen yang menempel pada daun yang hidup oleh *Cyanobacteria*, tergantung pada kerapatan penutup lumut hati *Epiphyllous* yang

tumbuh di daun ini.

Lumut hati dan lumut tanduk, dan juga lumut daun, dapat digunakan sebagai bio-indikator. Karena tumbuhan lumut tersebut tidak memiliki kutikula pelindung seperti tanaman berbunga, *Bryophyta* cukup sensitif terhadap perubahan kelembaban lingkungan, dan indikator efisien perubahan kecil atau gangguan dalam ekosistem. Dengan memetakan distribusi spesies bryophyte sensitif, penilaian dapat dilakukan terhadap kualitas lingkungan. Bryophytes juga dapat menyerap polutan melalui permukaan daun atau thallus, dan mengumpulkan ini di dalam sel. Dengan mengukur dan memetakan akumulasi lumut, kehadiran dan maka konsentrasi polutan-polutan ini di lingkungan dapat ditentukan.

2. *Bryophyta* dengan kolonisasi, stabilisasi tanah, akumulasi humus dan komersialisasi.

Lumut sering merupakan tumbuhan pertama yang menjelajah dan menghuni tanah yang baru saja terbuka, bebatuan telanjang, dan permukaan abiotik lainnya. Dengan demikian *Bryophyta* tersebut penting dalam menstabilkan kerak tanah, baik di habitat yang baru terbentuk dan ada, seperti tebing curam di hutan. *Bryophyte* juga berharga dalam mengendalikan erosi dan mengatur siklus air dalam suatu ekosistem. Di hutan semi-kering, *Bryophyta* memainkan peran penting sebagai penjajah dan penstabil tanah di daerah di mana kondisi permukaan tanah telah menurun sebagai akibat dari peningkatan infiltrasi. Di kanopi pohon di hutan tropis, di mana tanah sering kekurangan lapisan humus dan miskin nutrisi, *Bryophyta* juga membantu dalam akumulasi humus pada cabang dan ranting. Humus epifit yang terakumulasi oleh *Bryophyta* dapat berjumlah sebanyak 2,5 ton/ha materi kering di hutan tropis elfin di Afrika.¹⁰

Spagnum, yang membentuk gambut telah dieksploitasi secara komersial selama lebih dari 150 tahun baik sebagai

¹⁰ Smith, A. J. E. (2001). *Mosses, liverworts and hornworts*.

sumber bahan bakar dan sebagai aditif tanah. Penggunaan gambut untuk bahan bakar telah meningkat di banyak negara, dan sekarang lebih murah untuk mengeksploitasi gambut daripada mengimpor bahan bakar mentah mahal lainnya.

Irlandia adalah contoh utama kondisi tersebut, dimana lahan gambut telah dieksploitasi dalam skala besar dan habitat lahan gambut telah berkurang secara dramatis di negara tersebut. Karena sifat menyimpan air dari *Sphagnum* (komponen utama dari gambut, menahan hingga 20 kali beratnya sendiri), maka gambut juga sangat dihargai sebagai penyeimbang tanah dan media tanam bagi tanaman lainnya.

Komersialisasi *Sphagnum* juga telah digunakan sebagai agen penyaringan dan penyerapan efektif untuk pengolahan air limbah dari pabrik dengan pembuangan asam dan beracun yang mengandung logam berat, termasuk zat organik seperti minyak, detergen, dan zat warna, dan mikroorganisme. Gambut juga dapat digunakan sebagai agen penyerap untuk tumpahan minyak dan sebagai agen penyaringan untuk air limbah berminyak di pabrik-pabrik minyak nabati. Sifat *Sphagnum* yang memiliki tekstur lembut, berguna sebagai bahan pengemas saat mengirim produk seperti sayuran dan bunga segar. Penggunaan *bryophytes* lainnya adalah *Sphagnum* pada popok bayi (karena sifat absorptifnya), *Polytrichum* sebagai isian di bantal, dan lumut daun sebagai hiasan, khususnya dalam kostum seremonial masyarakat adat. Lumut juga sering digunakan sebagai penghias di bagian atas pot bunga untuk mencegah pengeringan tanah yang mendasari. Di Filipina, telur di peternakan buaya ditempatkan dalam inkubator yang ditutupi dengan lumut *Sphagnum* karena dipercaya bahwa lumut gambut adalah bahan yang efektif untuk memastikan telur tetap pada suhu yang dibutuhkan.

Beberapa spesies lumut sangat terkait dengan keberadaan substrat yang berkapur (misalnya, *tortella tortuosa*), sementara spesies lainnya hanya dapat tumbuh di tanah asam (misal, *Racomitrium lanuginosum*). Demikian juga telah ditemukan

spesies lumut yang terkait erat dengan keberadaan mineral atau logam tertentu seperti biji tembaga. Berdasarkan kondisi tersebut, *Bryophyta* dapat membantu dalam prospek *geobotanical* sekaligus sebagai indikator ekologi yang berguna untuk pekerjaan survei botani, dan mampu mengungkapkan perubahan substrat yang halus.



Gambar 3. 4. Spesies *tortella tortuosa*, yang hidup pada substrat berkapur



Gambar 3.5 Spesies *racomitrium lanuginosum* yang hanya dapat tumbuh di tanah asam

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Lumut hati dan lumut tanduk, seperti lumut, termasuk di antara penjajah pertama substrat telanjang dan dapat memainkan bagian penting dalam perkembangan tanah. Di habitat yang sejuk dan basah seperti di hutan awan pegunungan tropis, mereka dapat menghasilkan sejumlah besar biomassa. Lapisan tebal bryofita pada pohon dan tanah dapat menyerap air hujan dalam jumlah besar dan memainkan peran penting dalam keseimbangan air dan siklus nutrisi hutan. Hingga 20-40% dari curah hujan ditangkap oleh bryofita di hutan awan tropis ini. Bagian dari air menguap kembali ke atmosfer, sedangkan kelebihan menetes secara berangsur-angsur menuruni batang atau bebas ke tanah. Dengan menahan air hujan, lapisan bryofita berfungsi sebagai reservoir air, mencegah air mengalir langsung

ke sungai dan sungai.¹¹

3. Lumut sebagai bahan obat, antibiotik, antimikroba dan penahan rasa sakit

Orang Amerika Utara India telah menggunakan berbagai *Bryophyta* sebagai obat-obatan herbal dan orang Cina masih menggunakan beberapa spesies untuk pengobatan penyakit kardio-vaskular, bisul, eksim, luka, gigitan, luka, dan luka bakar. Analisis kimia telah mengungkapkan bahwa kebanyakan *Bryophyta*, termasuk *Sphagnum*, memiliki sifat antibiotik. Ekstrak dari banyak spesies lumut dan lumut hati ternyata mengandung senyawa fenolik yang mampu menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri patogen. *Sphagnum* kering, dipergunakan perban bedah yang sangat baik karena sifatnya yang menyerap (menyerap lebih banyak cairan daripada kapas), dan kemampuannya untuk mencegah infeksi. Manfaat lumut tersebutlah yang digunakan secara luas selama Perang Dunia I.

Dalam beberapa penelitian jugaditemukan bahwa gambut memiliki efek perlambatan pada pertumbuhan kultur jaringan kanker manusia. Banyak *Bryophyta*, terutama lumut hati, mengandung zat aktif biologis dan penelitian di Amerika Serikat pada sifat anti-kanker *Bryophyta* telah bermanfaat.

Lumut juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan yang dapat mendukung kehidupan manusia. Jenis tumbuhan lumut yang sering digunakan sebagai bahan obat-obatan adalah lumut daun dan lumut hati. Jenis lumut ini, bisa dijadikan obat untuk membantu kesehatan manusia seperti :

- a. Sebagai bahan pembuat obat kulit, hal ini pertama kali dilakukan di negara china, dimana pada zaman dahulu lumut dijadikan masyarakat china untuk

¹¹ Gradstein, S. R. (2017). Guide to the Liverworts and Hornworts of Java Guide To The Liverworts And Hornworts Of Java Illustrations : Achmad Satiri Nurmam Lee Gaikee Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology.

membuat ramuan tradisional untuk mengatasi penyakit kulit.

- b. Obat hepatitis, penyakit yang menyerang hati seperti hepatitis juga bisa diobati dengan obat yang terbuat dari lumut jenis *Marchantia polymorpha*.
- c. Sebagai obat antiseptic, lumut juga digunakan sebagai zat antiseptik yang membantu membunuh kuman. Zat antiseptik sering dijumpai dalam pembuatan sabun kesehatan dan juga obat kumur pembersih. Jenis lumut yang digunakan dalam pembuatan antiseptic adalah lumut *Frullania tamaricis*.

Jenis lumut seperti *Marchantia polymorpha*, *Marchantia stemanii* Bischler, *Marchantia geminata*, *Marchantia paleaceae* adalah jenis-jenis lumut yang digunakan dalam pengobatan tradisional telah lama diterapkan di China, Eropa dan Amerika Utara. Jenis-jenis lumut tersebut dapat dicermati ciri tubuh dan identifikasinya sebagai berikut :

1) **Kelompok *Marchantia* sp.**



Gambar 3. 5. *Marchantia polymorpha*

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013. H.92, Page 19.7.

Klasifikasi:

Kingdom : *Plantae*
Division : *Bryophyta*
Subdivision : *Hepaticae*
Subdivision : *Hepaticae*
Class : *Hepaticopsida*
Species : *Marchantia olynmopha*
Order : *Marchantiales*
Family : *Marchantiaceae*
Genus : *Marchantia*
Species : *Marchantia olynmopha*

Berbentuk lembaran-lembaran dengan daun yang berwarna hijau dan bagian-bagian tepinya berlekuk seperti kuping, lumut ini tumbuh menggerombol dan tingginya hanya beberapa sentimeter. Rhizoid yang berada di bawah permukaan daunnya berfungsi untuk mengumpulkan zat hara dari tanah. Hanya terdiri atas rhizoid dan thalus, biasanya tersusun berkelompok (*cluster*).



Gambar 3.6. *Marchantia polaceae*

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013. H.92, Page 19.7.

Klasifikasi :
Kingdom : *Plantae*
Division : *Bryophyta*
Subdivision : *Hepaticae*
Class : *Hepaticopsida*
Order : *Marchantiales*
Family : *Marchantiaceae*
Genus : *Marchantia*
Species : *Marchantia polaceae*



Gambar 3.6. *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013. H.92, Page 19.7.

Klasifikasi :
Kingdom : *Plantae*
Division : *Bryophyta*
Subdivision : *Hepaticae*
Class : *Hepaticopsida*
Order : *Marchantiales*

Family : *Aytoniaceae*
Genus : *Reboulia*
Species : *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi

Lumut ini termasuk ke dalam lumut hati berthalus. Sering terlihat di tempat-tempat yang basah dan sangat lembab, misalnya di sepanjang aliran sungai, gunung atau bukit yang memiliki suhu yang dingin. Umumnya tumbuhan epifit di batu atau terrestrial diatas permukaan tanah. Struktur tubuh gametofitnya hanya terdiri atas rhizoid dan thalus. Rhizoid membantu melekatkan thalus di atas substrat, biasanya tersusun berkelompok (*cluster*). Thalusnya melebar, berwarna hijau terang sampai hijau tua.

1) **Kelompok Musci**



Gambar 3.7. *Pogonatum neesii* (C.Mull.) Dozy

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013. H.92, Page 19.7.

Klasifikasi :

Kingdom : *Plantae*
Division : *Bryophyta*
Subdivision : *Musci*

Class : *Bryopsida*
Subclass : *Brydae*
Ordo : *Bryales*
Family : *Pogonataceae*
Genus : *Pogonatum*
Species : *Pogonatum neesii* (C.Mull). Dozy

Lumut ini tumbuh tegak di atas tanah, dan umumnya terrestrial. Tumbuh di tanah dengan campuran pasir dan cadas. Daunnya linear memanjang, ujungnya runcing, dengan tepi bergigi. Penyebarab cukup luas banyak ditemui di alam. Banyak digunakan sebagai penghias taman.

1) **Kelompok *Anthocerotae***



Gambar 3.8. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013. H.92, Page 19.7.

Klasifikasi :

Division: *Bryophyta*
Kingdom: *Plantae*
Class : *Anthocerotopsida*
Order : *Notothyladales*
Family : *Notothyladaceae*
Genus : *Phaeoceros*

Species : *Phaeoceros leavis* (L.) Prosk.

Lumut ini termasuk ke dalam lumut tanduk. Umumnya ditempat yang lembab di atas tanah. Talusnya membentuk *cluster*, percabangan menggarpu, dan talus tidak memiliki midrib. Memiliki sporofit berbentuk seperti tanduk. Kapsul memanjang silindris, tegak lurus terhadap thalus. Ujung kapsul ketika matang akan membelah dua bagian.

4. Kandungan zat antibakteria di dalam lumut dan cara kerjanya

Newby (2006) menyatakan bahwa telah lama golongan lumut jenis *Marchantia* diantaranya *Marchantia polymorpha* dilaporkan sebagai tumbuhan gulma di wilayah dingin Amerika bagian utara. Pertumbuhannya yang pesat mengganggu penyerapan nutrisi beberapa bibit tumbuhan pertanian. Sampai saat ini penggunaan herbisida belum cukup efektif digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan dari lumut ini. Dengan temperature optimum pertumbuhan 18–22⁰ C dan ketersediaan sumber Nitrogen yang berlimpah, akan meningkatkan pertumbuhan dari lumut secara signifikan. Pertumbuhan mungkin akan diperlambat jika kadar Nitrogen lebih rendah dari 75 bagian per juta (ppm).

Kemudahan untuk memperoleh nutrisi dan unsur-unsur hara juga sebagai salah satu pemicu meningkatnya pertumbuhan dari jenis lumut ini. Nutrisi yang digunakan dalam pertumbuhannya dapat diperoleh diantaranya dari tanah air, sungai, debu yang terbawa dari udara, air hujan, dan sampah atau kotoran. Termasuk juga beberapa mineral seperti Mn, Cu, Zn, Mo, Ni, Cl, dan Bo. Kebanyakan mineral ini tersedia berlimpah dan mudah didapat di alam.

Metabolit sekunder digambarkan sebagai unsur dengan bobot dengan molekul rendah bukan merupakan produk dari metabolit primer dari pathway organisme. telah diketahui sebelumnya bahwa ini tidak berfungsi dalam fungsi primer

organisme. Beberapa pendapat berlawanan, sekarang ini dipertimbangkan bahwa sel dalam memproduksi metabolis sekunder telah diketahui dapat memberikan keuntungan bagi organisme tertentu melawan organisme lain dalam pertumbuhannya. Faktanya, metabolis sekunder merupakan bagian dari produksi sel berfungsi dalam menghambat organisme lain dalam mendapatkan keperluan nutrisi atau sebagai proses regulator seluler.¹²

Metabolit sekunder tumbuhan disintesis hanya dari beberapa precursor pada pathway dalam sejumlah kecil reaksi pada cabang dari jumlah reaksi yang terbatas dari metabolisme primer. Keragaman struktur tersebut mencerminkan variasi dari aktivitas Biologi, diantaranya sebagai penghambat kerja enzim-enzim, sebagai anti tumor, immunosuppressive, dan bahan antiparasit. Metabolit sekunder telah lama digunakan dibidang kedokteran dan pertanian, sekitar 100.000 metabolit sekunder dari berat molekul rendah yang diteliti, 2500 jenisnya telah diketahui fungsinya dan sekitar 50.000 berasal dari mikroba dan hanya sebagian kecil berasal dari tumbuhan.

Metabolit sekunder sangat berperan penting karena aktivitasnya sebagai antimikroba tapi terlepas dari aktivitas ini metabolit sekunder menguasai aktivitas pharmacological dalam bidang medis. Beberapa diantaranya bersifat karsinogenik sehingga menyebabkan kanker. Umumnya senyawa-senyawa antikanker sintetis yang digunakan adalah *Mitramycin*, *Bleomycin*, *Daunomycin*, dan *Adriamycin*. Karakteristik lainnya adalah sebagai anabolik, anesthetik, antikoagulan, antiinflamasi, immunosuppressant (*Cyclosporine A* dan *Tracrolimus*), antihemolitik, hipokolesterolemik (statin) dan vasodilator. Penggunaan senyawa antimikroba khususnya yang alami secara umum mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Senyawa anti mikroba yang terkandung dalam berbagai jenis ekstrak

¹² Berdy, J. (2005) Bioactive Microbial Metabolites. The Journal of Antibiotics (Tokyo), 58, 1-26. <https://doi.org/10.1038/ja.2005.1>

tumbuhan diketahui dapat menghambat beberapa pathogen maupun pembusuk.¹³

Senyawa antimikroba berasal dari bagian tumbuhan, seperti bunga, biji, buah, rimpang, batang, daun, dan umbi serta tumbuhan lumut *Marchantia polymorpha*.

Tabel 4.1 Senyawa-senyawa anti mikroba dari tumbuhan maupun lumut.

Kelas	Subkelas	Contoh	Mekanisme
Fenolik	Fenolik Sederhana	Catechol Epicatechin	Mengikat substrat dan merusak membran sel.
	Asam fenolik Quinon	Asam cinamic Hypericin	Mengikat adhesi kompleks pada dinding sel, inaktif enzim.
	Flavonoid Flavon	Chrysin Abyssinone	Mengikat adhesi kompleks pada dinding sel, inaktif enzim. Menghambat enzim reverse transcriptase.
	Flavonol Tanin	Totarol Ellagitannin	Mengikat Protein. Mengikat pada adhesin. Menghambat enzim. Mengikat

¹³ Bender GR and RE Marquis . 1987. Membran ATPase and Acid Tolerance of *Actinomyces Viscosus* and *Lactobacillus*. J. Appl and Environ. Microbiol. 53: 4121-4128.

			substrat. Mengganggu komplek dinding sel. Merusak Membran sel. Metalion complexation.
	Coumarin	Varfarin	Interaksi dengan DNA eukariotik.
Terpenoid, esensial oil		Capsaicin	Merusak Membran sel.

Senyawa-senyawa aktif yang ditemukan pada lumut memiliki beragam aktivitas biologi. Dua diantaranya mempunyai aktivitas *Plagiachasma japonica* dan aktivitas.

Alkaloid		Berberine Piperine	Mengganggu sintesis DNA dan dinding sel.
Lectin dan polipeptida		Manose-spesifik agglutinin Fabatin	Block viral fusion atau adsorpsi.
Polyacetylen		8SHeptadeca2(Z), 9(Z)diene- 4,6dyne-1,8diol	

Anticapang dan antimikroba. Pada *Marchantia tosa*. Ekstrak metanol dari *Plagiachasma commutate* mempunyai potensi aktivitas antibakteri secara in vitro terhadap 5 bakteri yang diujikan, sedangkan pelarut aseton mempunyai aktivitas antibakteri yang lebih luas lagi terhadap 9 bakteri yang diujikan,

ini diperkuat oleh penelitian Cobianchi et al, byang melaporkan bahwa ekstrak dari beberapa lumut menunjukkan aktifitas antifungi.

Potensi dari komponen aktif pada lumut hati umumnya ekstrak dari lumut hati mengandung *Isoflavonoid*, *Flavonoid* dan *Bioflavonoid* yang efektif menghambat mikroorganisme. Senyawa terpenoid dan fenolik serta unsur-unsur yang mudahenguap terdapat pada beberapa jenis lumut. Aktivitas antibakteri, antikapang, dan antivirus juga diketahui pada beberapa *Hepaticae* dan ekstrak beberapa jenis *Musci*. Banyak penelitian isolasi, identifikasi dan penemuan struktur kimia telah dilakukan pada molekul-molekul yang berpotensi terhadap sifat karakteristik aktivitasnya. Sifat substansi aktif dari *Atricum*, *Dicranum*, *Mnium*, *Polytrichum* dan *Spagnum* spp. telah diketahui sebagai senyawa polifenolik. Molekul Seperti marchantin A, asam lemak *Cyclopentanol* dan bebebrapa precursor ditemukan mempunyai aktivitas antimikroba.

Beberapa senyawa yang diekstrak dari lumut berpotensi sebagai senyawa antimikroba diantaranya senyawa polisiklik aromatic hidrokarbon (PAHs), *Hipnogenol*, *Bioflavonoid*, *Dihidroflavonoid* dari lumut *hypnum cumpressiforme*. *Flavonoid C-glikosida* dan *flavonoid* jenis lainya juga terdapat pada *mnium undulatum*. Unsur utama pada *Marchantia convolute* adalah flavonoid, tripenoid dan steroid. Flavonoid yang berasal dari *Marchantia convolutan* sebagian besar terdiri dari quercetin, luteolin, apigenin, dan *O*- dan *C*-glycosida. Sangat kuat menghambat *Colibacilus*, *Bacillus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus enteridis*, *Hemolytic Streptococci type B*, *Diplococcus pneumonia* serta mempunyai zat antibiotik, antiinflammatory dan pengaruh-pengaruh diuretic pada tikus.¹⁴

Komponen utama esensial oil yang diidentifikasi dari ekstraksi *Marchantia convulata* secara Supercritical Fluid

¹⁴ Xiao J, et al. (2006) Dissection of Swa2p/auxilin domain requirements for cochaperoning Hsp70 clathrin-uncating activity in vivo. Mol Biol Cell 17(7):3281-90

Extraction (SFE) diantaranya adalah *benzothiazole* (11.82%), *2-ethylhexanoic acid* (9.82%), *4-ethylphenoxybenzene* (8.99%), *acetic acid octadecyl ester* (8.82%), *4-cyanothiopenol* (5.49%), *cwddrol* (4.60%), *9,12-octadecanoic acid ethyl ester* (3.25%), *2(3H)-benzothiazolone* (2.79%), *octadecanoic acid ethyl ester* (2.39%), *n-hexadecanoic acid* (2.08%), *1,1'-(3-methyl-1-propene-1,3-diyl) bis-benzene* (2.07%). Kandungan total asam organik ester 32.19%.¹⁵

Aktivitas antibakteri dari lumut terhadap bakteri gram negative telah dikemukakan dalam beberapa studi antara lain : ekstrak *Eptodictyum riparium* mempunyai kemampuan menghambat gram negative daripada bakteri gram positif, ekstrak juga mampu menghambat bakteri resisten antibiotik seperti *P.aeruginosa*. Ini perlu dipertimbangkan sejak antibiotik konvensional secara regular lebih aktif terhadap bakteri gram positif dari pada negative.

Ada delapan jenis lumut yang mempunyai ekstrak methanol yaitu *Grimmia Pulvinata*, *Tortula subulata*, *Wisia controversa*, *Leucodon ciuroides*, *Hypnum cupressiforme*, *Homalothecium sericum*, *Neckera complanata*, dan *Minium undulatum* yang berasal dari Turki menunjukkan potensi aktivitas antimikroba yang besar terhadap bakteri gram negative dan positif. Mikroorganisme yang paling sensitive diperlihatkan oleh *B. subtilis* dan *P. aeruginosa*, sedangkan terhadap kapang uji *Candida albicans*, *Rhodotorulla rubra* dan *Kluyveromyces fragilis* menunjukkan aktifitas yang rendah. Senyawa senyawa fenolik dari *Marchantia polymorpha* sejumlah besar dikarakteristik alam dalam bentuk lipofilik dan hidrofilik, termasuk flavon-flavon glikosida yang diekstrak dengan menggunakan pelarut methanol.¹⁶

¹⁵Xiao J, et al. (2007) Structural characterization of the ATPase reaction cycle of endosomal AAA protein Vps4. *J Mol Biol* 374(3):655-70

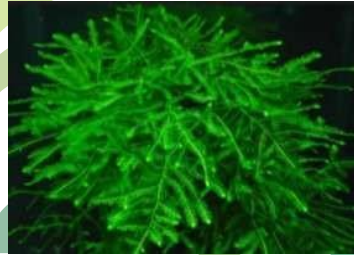
¹⁶ Becker EW. 1994. Microalgae Biotechnology and Microbiology. Melbourne: Cambridge University Press.

5. Lumut Sebagai Tumbuhan Pioner

Sebagian dari spesies lumut juga memiliki kemampuan sebagai tumbuhan pioneer atau tumbuhan perintis. Dalam konteks ini dibuktikan dengan kemampuan beberapa spesies lumut untuk tumbuh pada lahan marginal, lahan yang sudah tidak sehat karena adanya penebangan liar atau proses industry, dan juga di awal terjadinya suksesi. Akan tetapi, kondisi lumut yang tumbuh disana tidak subur dengan kondisi lumut yang tumbuh pada pohon yang masih baik dan kelembapan suhunya masih terjaga baik. Jenis lumut yang biasa tumbuh pada pohon yang sudah lapuk dan mati adalah jenis lumut *Floribundaria* dan *Vesicularia*, kedua jenis lumut tersebut termasuk dalam kelas *Musci*.



Gambar 3.9.
floribundaria



Gambar 3.10.
vesicularia

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Keanekaragaman hayati Indonesia merupakan harta karun yang tidak ternilai harganya bagi bangsa Indonesia yang harus terus dilestarikan dan dimanfaatkan secara arif dan bijaksana agar tidak mengalami kepunahan. Jenis tumbuhan di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 25.000 jenis atau lebih dari 10% jenis flora dunia. Jumlah jenis lumut dan ganggang adalah ± 35.000 jenis, 40% di antaranya merupakan jenis yang endemik atau hanya terdapat di Indonesia saja. Namun, informasi tersebut masih belum diketahui secara mendalam

sehingga pengetahuan mengenai lumut di Indonesia masih kurang.

Lumut (*Bryophyta*) merupakan tumbuhan tingkat rendah yang umumnya menyukai tempat tempat yang basah dan lembab di dataran rendah sampai dataran tinggi, seperti di dinding tembok dan bangunan-bangunan. Tumbuhan ini sering disebut sebagai tumbuhan pionir atau tumbuhan perintis. Lumut merupakan tumbuhan pertama yang tumbuh ketika awal suksesi pada lahan yang rusak atau daerah dengan sedikit nutrisi. Setelah lahan ditumbuhi lumut, lahan tersebut akan menjadi media yang cocok untuk perkecambahan dan pertumbuhan tumbuhan lainnya.¹⁷

Keanekaragaman jenis tumbuhan lumut dapat dilihat melalui ciri morfologi dan kandungan senyawa metabolit sekunder. Morfologi tumbuhan mempelajari bentuk dan susunan tubuh tumbuhan. Morfologi tumbuhan tidak hanya menguraikan bentuk dan susunan tubuh tumbuhan saja, tetapi juga berfungsi untuk menentukan apakah fungsi masing-masing bagian itu dalam kehidupan tumbuhan dan selanjutnya juga berusaha mengetahui dari mana asal bentuk dan susunan tubuh tersebut. Selain itu morfologi harus pula dapat memberikan jawaban atas pertanyaan mengapa bagian-bagian tubuh tumbuhan mempunyai bentuk dan susunan yang beraneka ragam itu.¹⁸

Keanekaragaman jenis lumut yang dilihat berdasarkan ciri kandungan senyawa metabolit sekunder dapat digunakan sebagai penjelasan atau untuk penegasan dalam mempelajari taksonomi tumbuhan dan ada kalanya dapat juga digunakan sebagai alat koreksi dalam usaha penataan suatu sistem klasifikasi. Takhtajan (1973) berpendapat pula bahwa hadir tidaknya metabolit sekunder yang khas, perbandingan ciri-ciri struktur dan lintas biosintesis senyawa tersebut dapat

¹⁷ Damayanti, Lia.(2006). Koleksi Bryophyta Taman Lumut Kebun Raya Cibodas Vol. II No.4.Cianjur:LIPI UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya

¹⁸ Tjitrosoepomo,Gembong.,1993:Taksonomi Tumbuhan, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Cetakan pertama, h.6 – 126.

digunakan sebagai ciri taksonomi ketika ciri taksonomi yang lain sukar digunakan untuk pemindahan status taksonomi antara dua familia atau dua genus yang berhubungan.

6. Lumut sebagai penyeimbang ekosistem

Lumut merupakan salah satu bagian penyokong keanekaragaman flora. Secara ekologis lumut (*Bryophyta*) berperan penting di dalam fungsi ekosistem. Seperti lahan gambut sangat tergantung pada lapisan atau tutupan lumut. Sehingga keberadaan lumut sebagai penutup permukaan tanah juga memeengaruhi produktivitas, dekomposisi serta pertumbuhan komunitas di hutan¹⁹.

Tumbuhan lumut ini juga memiliki peran penting dalam keseimbangan ekosistem karena kemampuannya. Tanah yang ditumbuhi lumut akan memiliki kondisi kelembaban yang terjaga sehingga mempercepat proses siklus terbentuknya nutrisi yang dapat dipergunakan oleh tumbuhan yang lainnya. Di sisi lain tumbuhan ini memiliki kemampuan untuk menangkap nutrisi yang berada di udara dan atmosfer lebih baik dibandingkan mengambilnya dari substrat atau media dengan bantuan rizoidnya. Hal ini merupakan bentuk adaptasi dan kemampuan lumut yang istimewa.

Keberadaan lumut dilantai hutan hujan sangat membantu mengurangi erosi tanah akibat aliran air. Rizoid lumut dan jalinannya dengan sesamanya atau dengan tumbuhan yang lain mampu menyerap dan menyimpan air dengan baik sehingga tidak segera mengalir dan menyebabkan erosi. Cabang-cabang rizoid yang kompleks terjalin sedemikian rupa sehingga membantu meningkatkan kapasitas penyimpanan air dalam tanah. Regenerasi yang cepat dari lumut turut membantu menyebarnya tumbuhan ini dengan kemampuan positifnya tersebut.

¹⁹ aw, J.T and Goffinet, B. (2000). *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press: London. Schuzle ED & Cadwell MM. (1995). *EcoPhysiology of Photosynthesis*.

Bryophyta juga sensitif terhadap fluktuasi kelembaban alami, terutama karena lumut tidak memiliki kutikula. Tidak seperti tanaman berbunga, *Bryophyta* tidak memiliki kutikula daun sehingga mampu memperoleh dan kehilangan air lebih cepat dibanding tumbuhan lain. Ini berarti *Bryophyta* juga mengering dengan sangat cepat, tetapi kelebihanannya lumut juga dapat menyerap sejumlah kecil kelembaban yang tersedia dari kabut, embun dan sumber air lain yang mungkin tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman lain. Namun, selama kondisi cuaca atau lingkungan yang kering memungkinkan ada sedikit aktivitas fisiologis yang dilakukan seminimal mungkin.

Proses reproduksi juga sangat bergantung pada ketersediaan air karena spermatozoids (gamet jantan) harus berenang dari *antheridia* ke *archegonia* untuk berfusi dengan sel telur, memulai produksi kapsul penghasil spora; dan kondisi kekeringan akan menghambat proses tersebut. Tumbuhan lumut yang berada dalam keadaan kering juga lebih rentan terhadap gangguan karena kebanyakan *Bryophyta* tidak mampu melekat kuat pada substrat. Kondisi kekeringan yang parah dapat memusnahkan tanaman ini dengan mengeringkan organ pelengkap penahannya (rhizoid). Oleh karena itu, kondisi kekeringan dianggap sebagai ancaman potensial terhadap keberadaan dan kelangsungan hidup *Bryophyta*.

Jenis lumut seperti *Atrichum*, *Nardia*, *Pogonatum*, *Pohlia* dan *Trematodon* adalah jenis-jenis lumut yang mampu berkembang dengan cepat sehingga memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Jenis-jenis lumut tersebut dapat dicermati ciri tubuh dan identifikasinya sebagai berikut.



Atrichum undulatum

Nardia scalaris

Pohlia

Sumber : Jurnal Biologi Edukasi, Vol.5, NO.2, 2013.

Keberadaan lumut dalam suatu ekosistem dapat menjadi indikator penting adanya perubahan iklim suatu daerah sehingga memberikan peringatan dini terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan lingkungan. Lumut sangat berperan dalam mencermati perubahan iklim dalam suatu lingkungan akibat adanya kerusakan oleh alam maupun oleh ekspansi manusia bagi kepentingannya. Tumbuhan lumut memiliki kelebihan sebagai salah satu organisme yang dapat digunakan sebagai bioindikator untuk mengetahui perubahan lingkungan tersebut.

Lumut memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi dalam merespon kondisi lingkungan dimana dia hidup. sensitifitas tersebutlah yang menjadikan lumut memiliki kelebihan sebagai bioindikator lingkungan. Lumut merupakan tumbuhan *poikilohidrik*, tanpa berkas pengangkut, dan secara utama menyerap air serta nutrisi secara langsung dari atmosfer melalui permukaan tubuhnya dan hanya sedikit yang melalui rizoid. Tumbuhan lumut juga tidak mempunyai lapisan kutikula sehingga kemampuan untuk memperoleh dan kehilangan air dalam struktur tubuhnya juga berlangsung sangat cepat. Sensitivitas terhadap kondisi iklim dan lingkungan sekitarnya menjadikan tumbuhan lumut berperan penting sebagai indikator perubahan lingkungan termasuk menjadi indikator perubahan iklim global.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (4) bahwa keragaman lumut akan menurun pada lokasi yang sering dilalui oleh kendaraan. (5) melaporkan bahwa pada daerah kota atau daerah yang dekat dengan sumber polusi dengan konsentrasi asap yang tinggi sudah tidak ditemukan keberadaan lumut yang sempurna lagi, itu dikarenakan lumut dapat menyerap polutan melalui permukaan daun dan mengakumulasinya di dalam sel (6). Hal itu juga dapat dibuktikan dengan kondisi lumut di pinggir jalan dengan kondisi lumut di dalam hutan berbeda, kalau lumut di dalam hutan lebih sehat dibandingkan dengan kondisi lumut yang tumbuh di kawasan pinggir jalan, itu sebabnya lumut bisa dijadikan sebagai indikator pencemaran lingkungan.

Kemampuan tumbuh lumut sebagai penyeimbang proses ekosistem sangat tergantung dari habitat lumut itu sendiri. Pada lokasi ketinggian tertentu di hutan kawasan primer, dimana lumut dapat tumbuh dengan sempurna maka populasi lumut tersebut dapat dijadikan hunian oleh jenis serangga kecil sekaligus sebagai tempat hidup, mencari makan dan berlindung. Tetapi, peran ekologi lumut menjadi kurang maksimal, apabila keadaan hutan lebih banyak digunakan oleh masyarakat sebagai tempat berkebun sehingga kondisi hutan tidak memungkinkan untuk lumut tumbuh dengan maksimal sesuai dengan peranan yang seharusnya menjadi tempat organisme lain. Sama halnya dengan hutan yang sering digunakan masyarakat sebagai tempat pengambilan kayu dengan menggunakan mesin, sehingga secara tidak langsung kelembapan bisa terganggu dan membuat hutan kurang efektif sebagai tempat konservasi berbagai jenis lumut.

Lumut yang bergabung dengan jamur dan membentuk struktur baru yang disebut dengan lichen, memiliki keunggulan sebagai bioindikator polusi udara. Penggunaan lichen sebagai bioindikator cenderung lebih efisien dibandingkan menggunakan alat atau mesin indikator ambien yang dalam pengoperasiannya memerlukan biaya yang besar dan penanganan serta keahlian spesifik untuk membacanya. Lumut

kerak atau *Lichen* yang merupakan salah satu organisme penting untuk bioindikator pencemaran udara, dapat ditinjau dari keberadaan lumut tersebut. Kematian *Lichen* sangat sensitif dan di sisi lain peningkatan jumlah spesies tersebut merupakan indikator kualitas udara yang membaik.²⁰ Keragaman jenis lichen, morfologi talus, penutupan talus dan kemampuan *Lichen* dalam menyerap air merupakan indikator penting untuk mengetahui pencemaran udara dalam suatu wilayah.

7. Lumut sebagai bioindikator alami

Biomonitoring adalah penggunaan respon biologi secara sistematis untuk mengukur dan mengevaluasi perubahan dalam lingkungan dengan menggunakan bioindikator. Bioindikator adalah organisme atau respon biologis yang menunjukkan masuknya zat tertentu dalam lingkungan. Salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator.²¹

Lumut kerak telah diketahui memiliki sifat sensitif terhadap perubahan lingkungan, misalnya polusi udara. Sifat ini berhubungan dengan kemampuannya mengakumulasi partikel-partikel yang terlarut dalam udara karena talusnya tumbuh menahun (perennial). Lapisan yang melindungi talus lumut kerak hanya berupa kutikula primitif, maka talus lumut kerak tidak dapat menghindari penyerapan partikel-partikel secara langsung dari udara termasuk polutan.

Aktivitas kendaraan dan proses pembakaran dalam kegiatan industri yang padat menyebabkan SO₂ yang diserap oleh talus liken lebih banyak. Semakin banyak kandungan SO₂ maka kandungan klorofil pada tumbuhan akan mengalami penurunan. Kandungan SO₂ di udara mempengaruhi kandungan sulfur pada liken. Meningkatnya kandungan sulfur pada liken diikuti

²⁰ Campbell, N.A., Reece, J.B., & Mitchell, L.G. (2004). Biologi. Jilid 3. Edisi Kelima. Alih Bahasa: Wasmen. Jakarta: Penerbit Erlangga.

²¹ Mulgrew, Angela and Peter Williams(2000). Biomonitoring of Air Quality Using Plants. [Online] WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control

dengan penurunan kandungan klorofilnya. Hal tersebut terjadi pada lumut kerak di kedua lokasi penelitian yang pada akhirnya mempengaruhi perkembangan lumut kerak. Polutan SO₂ pada awalnya membuat pernapasan tanaman lebih intensif, tetapi setelah munculnya bintik nekrotik pada daun, perlahan intensitas tersebut akan berkurang. Gejala umum pencemaran sulfur dioksida adalah terjadinya pemudaran warna tumbuhan. Lumut yang sepenuhnya telah berubah warna, biasanya tidak dapat dipulihkan bahkan setelah ditempatkan dalam lingkungan udara ambien yang bersih.²²

Dampak Nox dan partikulat terhadap lumut kerak tidak dipahami dengan baik, meskipun semakin banyak bukti bahwa emisi lalu lintas mempengaruhi kesehatan lumut kerak, keragaman dan kelimpahan di New Forest. Pengaruh nitrogen oksida terhadap lumut kerak kurang dapat dimengerti karena hubungan keduanya yang mempengaruhi karakteristik kulit. Nitrogen oksida dapat merangsang pertumbuhan tanaman tetapi juga dapat menjadi racun pada tingkat tinggi. Nitrogen oksida mungkin dapat melukai lumut kerak (pengurangan klorofil) atau kerusakan dan dapat menurunkan tingkat pertumbuhan.

Berdasarkan daya sensitifitasnya terhadap pencemar udara maka lumut kerak dikelompokkan menjadi tiga yaitu, sensitif, merupakan jenis yang sangat peka terhadap pencemaran udara, pada daerah yang telah tercemar jenis ini tidak akan dijumpai. Toleran merupakan jenis yang tahan (resisten) terhadap pencemaran udara dan tetap mampu hidup pada daerah yang tercemar. Pengganti merupakan jenis yang muncul setelah sebagian besar komunitas lumut kerak yang asli rusak karena pencemaran udara.

Respon lumut kerak yang terjadi akibat adanya pencemaran udara dapat dilihat secara makroskopik. Respon tersebut berupa adanya perubahan pada warna, bentuk dan keadaan

²² Kovacs, M. 1992. Biological Indicators in Environmental Protection. New York: Ellis

talus lumut kerak, serta penurunan luas tutupan talus. Kondisi lingkungan yang bersih dan terpapar cahaya matahari yang cukup dapat mendukung pertumbuhan talus secara optimal dan juga meningkatkan keanekaragaman jenis lumut kerak. Tutupan talus dipengaruhi oleh adanya faktor internal yaitu, adanya persaingan sesama lumut kerak dan juga luas permukaan kulit kayu yang dijadikan sebagai substrat. Faktor eksternal berupa tingkat pencemaran udara yang terjadi pada lingkungan tempat lumut kerak tersebut tumbuh dan berkembang. Hal tersebut membuktikan bahwa lumut kerak merupakan salah satu tumbuhan yang peka terhadap perubahan kondisi lingkungan dan dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas udara.

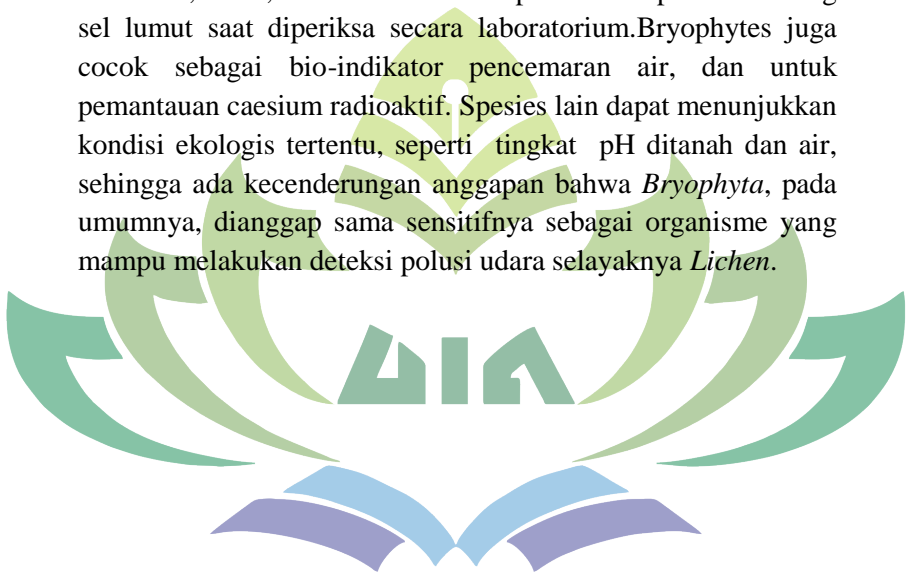
Kepekaan lumut kerak terhadap emisi pencemar lebih tinggi dibanding dengan tumbuhan tinggi karena adanya perbedaan fisiologis dan morfologi. Lumut kerak memiliki kandungan klorofil yang sangat kurang, sehingga mengakibatkan laju fotosintesis dan metabolisme yang rendah serta kemampuan regenerasi yang terbatas. Tidak adanya kutikula pada lumut kerak, maka pencemar dapat dengan mudah masuk ke dalam talus. Lumut kerak dapat mengakumulasi berbagai macam bahan tanpa melakukan seleksi. Sekali bahan pencemar diserap, maka akan diakumulasikan dan tidak dieskresikan, serta terjadinya perubahan warna talus akibat adanya bahan pencemar.²³

Kepekaan *Bryophyta* dalam mengenali polutan sehingga mampu menjadi indikator alami dikarenakan tumbuhan tersebut tidak memiliki lapisan pelindung atau kutikula, sehingga sangat sensitif terhadap polutan di lingkungan terdekat. *Bryophyta* dapat digunakan sebagai indikator alami, karena keberadaan spesies sensitif polusi dapat membantu menunjukkan tingkat polusi udara yang terjadi. Polusi udara juga dapat menciptakan "*lumut gurun*" (kondisi lumut yang

²³ Kovacs, M. 1992. Biological Indicators in Environmental Protection. NewYork: Ellis

menguning dan rusak karena polusi) sehingga memaksa banyak spesies yang sensitif untuk menjauh atau pergi dari wilayah tersebut. Penelitian pertama kali penggunaan *Bryophyta* dalam menilai dampak polusi udara di Jepang, dan *Bryophyta* telah lama digunakan untuk pemantauan polusi udara di Eropa dan juga di Amerika Utara.

Bryophyta juga sangat banyak digunakan untuk mengukur dan mengetahui polusi udara logam berat, terutama di kota-kota besar dan di daerah sekitar pembangkit listrik dan pekerjaan metalurgi. Logam berat, seperti timbal, kromium, tembaga, kadmium, nikel, dan vanadium nampak menumpuk di dinding sel lumut saat diperiksa secara laboratorium. Bryophytes juga cocok sebagai bio-indikator pencemaran air, dan untuk pemantauan caesium radioaktif. Spesies lain dapat menunjukkan kondisi ekologis tertentu, seperti tingkat pH di tanah dan air, sehingga ada kecenderungan anggapan bahwa *Bryophyta*, pada umumnya, dianggap sama sensitifnya sebagai organisme yang mampu melakukan deteksi polusi udara selayaknya *Lichen*.



Penugasan Mandiri

Setelah membaca dan mempelajari materi tentang tumbuhan lumut, silahkan pelajari skema tumbuhan lumut dengan membandingkan dengan gambar siklus hidup tumbuhan lumut. Silahkan tulis hasilnya dengan bahasamu sendiri.

Latihan Soal

Pilihlah satu jawaban yang paling benar

1. Tumbuhan lumut memiliki ciri-ciri sebagai berikut, kecuali....
 - A. habitat di tempat lembab
 - B. mempunyai jaringan pembuluh
 - C. tidak mempunyai jaringan pembuluh
 - D. belum mempunyai akar, batang, dan daun sejati.
 - E. merupakan tumbuhan peralihan antara tumbuhan bertalus dan tumbuhan berkormus
2. Sporofit pada tumbuhan lumut adalah generasi yang menghasilkan..
 - A. Protonema
 - B. Anteridium
 - C. Arkegonium
 - D. Gamet
 - E. Spora
3. Anteridium pada tumbuhan lumut adalah generasi yang menghasilkan....
 - A. Protonema
 - B. Spermatozoid
 - C. Arkegonium

D. Gamet

E. Spora

4. Urutan yang benar bagian – bagian tumbuhan lumut daun dari ujung ke pangkal adalah ...

A. Operculum – kapsul – annulus – peristom

B. Peristom – operculum – kapsul – annulus

C. Operculum – peristom – annulus – kapsul

D. Peristom – kapsul – operculum – annulus

E. Annulus – operculum – peristom – kapsul

5. Tumbuhan lumut ada yang berumah satu, artinya

A. Anteridium dan arkegonium terdapat pada satu talus yang sama

B. Anteridium dan arkegonium terdapat pada talus yang berbeda

C. Pada talus lumut hanya terdapat satu anteridium

D. Pada talus lumut hanya terdapat satu arkegonium

E. Pada talus lumut dibentuk satu antridium dan satu anteridium

6. Berikut merupakan urutan ringkas dari daur hidup lumut adalah

A. Talus – zigot – sel gamet – tumbuhan lumut

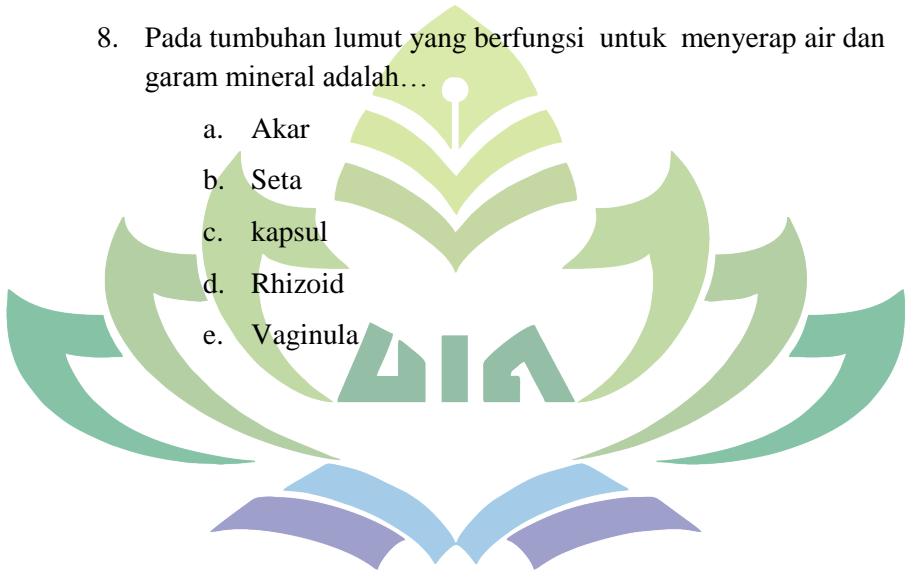
B. Talus – gemma – gamet – tumbuhan lumut

C. Tumbuhan lumut – zigot – gemma – talus

D. Tumbuhan lumut – gamet – zigot – talus

E. Talus – sel gamet – zigot – tumbuhan lumut

7. Urutan siklus hidup tumbuhan *Bryophyta* pada fase gametofitnya adalah
- A. Protonema–tumbuhan lumut–anteridium
 - B. Protonema–protalium–tumbuhan lumut
 - C. Protalium–protonema–anteridium
 - D. Protalium–spora–arkegonia
 - E. Protalium–arkegonium–spermatozoa
8. Pada tumbuhan lumut yang berfungsi untuk menyerap air dan garam mineral adalah...
- a. Akar
 - b. Seta
 - c. kapsul
 - d. Rhizoid
 - e. Vaginula





Kunci Jawaban Latihan Soal dan Pembahasan

<i>No Soal</i>	<i>Kunci Jawaban</i>	<i>Pembahasan</i>
1	B	Ciri tumbuhan lumut : Habitat: di tempat lembap Merupakan peralihan antara Thallophyta dan Cormophyta Rhizoid (akar semu) Tidak memiliki pembuluh angkut.
2	E	
3	B	Lihat pembahasan no 2
4	C	Operculum – peristom – annulus – kapsul
5	A	Anteridium dan arkegonium terdapat pada satu talus yang sama
6	D	Tumbuhan lumut – gamet – zigot – talus
7	A	Urutan siklus hidup tumbuhan Bryophyta pada fase gametofitnya adalah protonema tumbuhan lumut dan anteridium.
8	D	Pada tumbuhan lumut belum mempunyai akar namun rhizoid

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini.

Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar

Nilai = Jumlah Skor Perolehan / Jumlah Skor $\times 100\%$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan

Kegiatan Belajar 2. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi

Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Saya sudah dapat menyebutkan ciri-ciri tumbuhan lumut		
2	Saya sudah dapat memberi contoh tumbuhan lumut		
3	Saya sudah dapat membaca bagan metagenesis, lumut		
4	Saya dapat menjelaskan peranan tumbuhan lumut		
5	Saya dapat menjelaskan perbedaan tumbuhan lumut berumah satu dan dua		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aw, J.T and Goffinet, B. (2000). Bryophyte Biology. Cambridge University Press: London. Schuzle ED & Cadwell MM. (1995). EcoPhysiology of Photosynthesis.
- Becker EW. 1994. Microalgae Biotechnology and Microbiology. Melbourne: Cambridge University Press. 293
- Bender GR and RE Marquis . 1987. Membran ATPase and Acid Tolerance of Actinomyces Viscosus and Lactobacillus. J. Appl and Environ. Microbiol. 53: 4121-4128.
- Barat, N. T., Role, E., Forest, S., Tenggara, W. N., Bawaihaty, N., Hilwan, I, ... Kehutanan, F. (2014). Keanekaragaman dan Peran Ekologi Bryophyta di Hutan Sesaot, 5(April)
- Berdy, J. (2005) Bioactive Microbial Metabolites. The Journal of Antibiotics (Tokyo), 58, 1-26.<https://doi.org/10.1038/ja.2005.1>
- Budke, J. M., Goffinet, B., & Jones, C. S. (2011). A hundred-year-old question: Is the moss calyptra covered by a cuticle? A case study of *Funaria hygrometrica*. *Annals of Botany*, 107(8), 1279–1286. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr079>
- Campbell, N.A., Reece, J.B., & Mitchell, L.G. (2004). Biologi. Jilid 3. Edisi Kelima. Alih Bahasa: Wasmen. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Damayanti, Lia. (2006). Koleksi Bryophyta Taman Lumut Kebun Raya Cibodas Vol. II No. 4. Cianjur: LIPI UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya
- Desy Aristria Sulistyowati, L. K. P. dan E. W. (2014). Keanekaragaman Marchantiophyta Epifit Zona Montana di Kawasan Gunung Ungaran , Jawa Tengah Desy Aristria

Sulistiyowati , Lilih Khotim Perwati dan Erry Wiryani
Abstrak, 16(1)

Jones, V. A. S., & Dolan, L. (2012). The evolution of root hairs and rhizoids, 205–212. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs136>

Gradstein, S. R. (2017). *Guide to the Liverworts and Hornworts of Java* **GUIDE TO THE LIVERWORTS AND HORNWORTS OF JAVA** Illustrations : Achmad Satiri Nurmann Lee Gaikee Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology.

Khotimperwati, L., Rahadian, R., & Baskoro, K. (2015). Perbandingan Komposisi Tumbuhan Lumut Epifit Pada Hutan Alam Dan Pemanfaatan Hutan Di Sepanjang Gradien Ketinggian Gunung Ungaran , Jawa Tengah Abstrak, 17(2).

Mulgrew, Angela and Peter Williams(2000). Biomonitoring of Air Quality Using Plants. [Online] WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control.

Kovacs, M. 1992. Biological Indicators in Environmental Protection. NewYork: Ellis

Horwood.

Smith, A. J. E. (2001). *Mosses, liverworts and hornworts*.

Taylor, A. B., & Mcmanus, H. A. (2012). Evolution of the life cycle in land plants,

50(February 2011), 171–194. <https://doi.org/10.1111/j.1759-6831.2012.00188.x>

Tjitrosoepomo, Gembong., 1993 : Taksonomi Tumbuhan, Gadjah Mada University

Press, Yogyakarta, Cetakan pertama, halaman116 – 126.

Xishuangbanna, C. L., Botanical, T., Pan, K., Academy, C., & Liu, C. (2014).

Reproductive Biological Characteristics of Dendrobium Species .
Reproductive biology of plants.
<https://doi.org/10.1201/b16535-11>

- Xiao J, et al. (2006) Dissection of Swa2p/auxilin domain requirements for cochaperoning Hsp70 clathrin-uncoating activity in vivo. *Mol Biol Cell* 17(7):3281-90
- Xiao J, et al. (2007) Structural characterization of the ATPase reaction cycle of endosomal AAA protein Vps4. *J Mol Biol* 374(3):655-70

